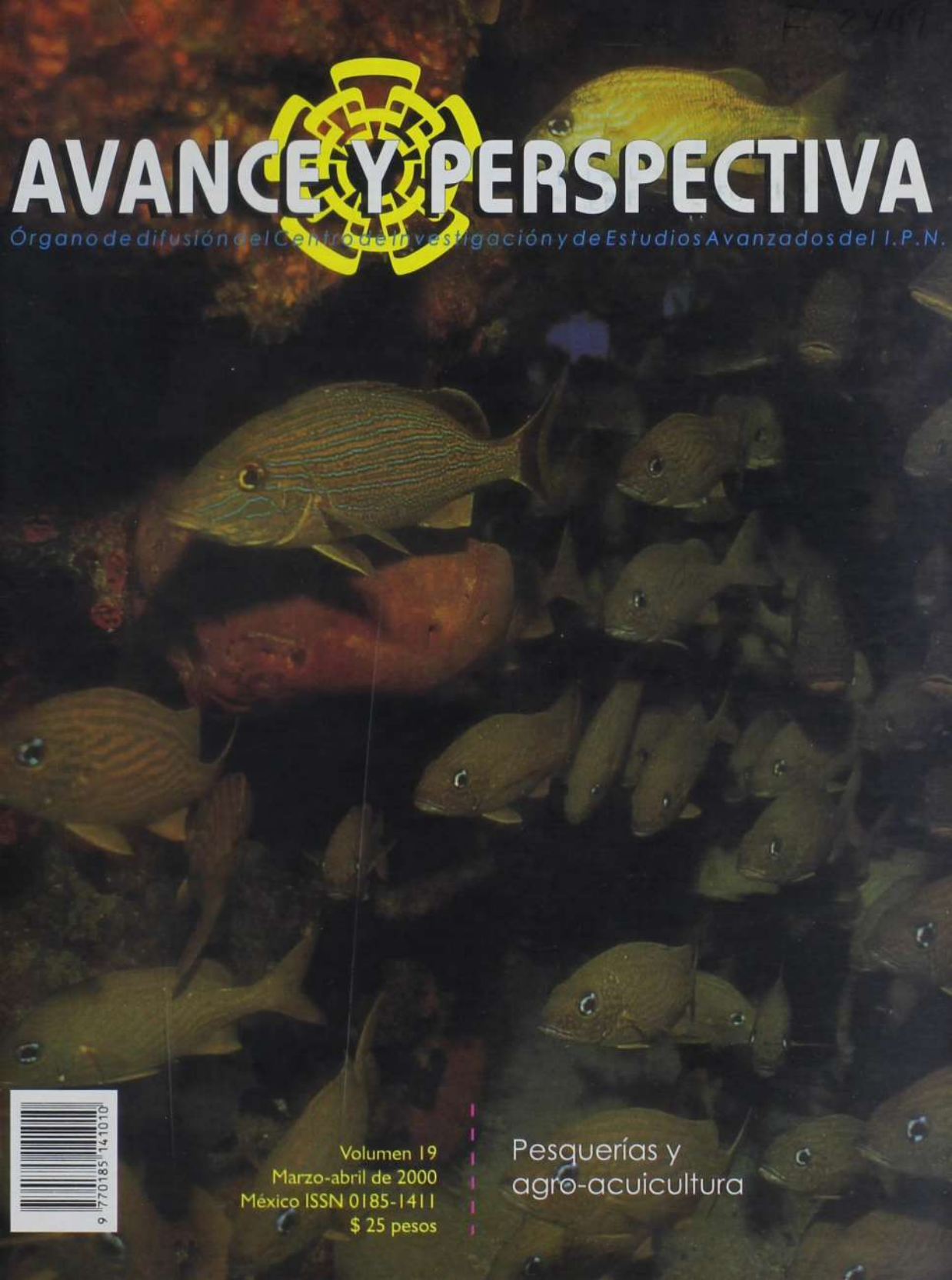




AVANCE Y PERSPECTIVA

Órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N.



9 770185 141010

Volumen 19
Marzo-abril de 2000
México ISSN 0185-1411
\$ 25 pesos

Pesquerías y
agro-acuicultura

Participa en la **RECONSTRUCCIÓN DE LA HISTORIA DEL CINVESTAV**

**LA COMISIÓN ENCARGADA DE RECONSTRUIR
LA HISTORIA DE NUESTRA INSTITUCIÓN INVITA:**

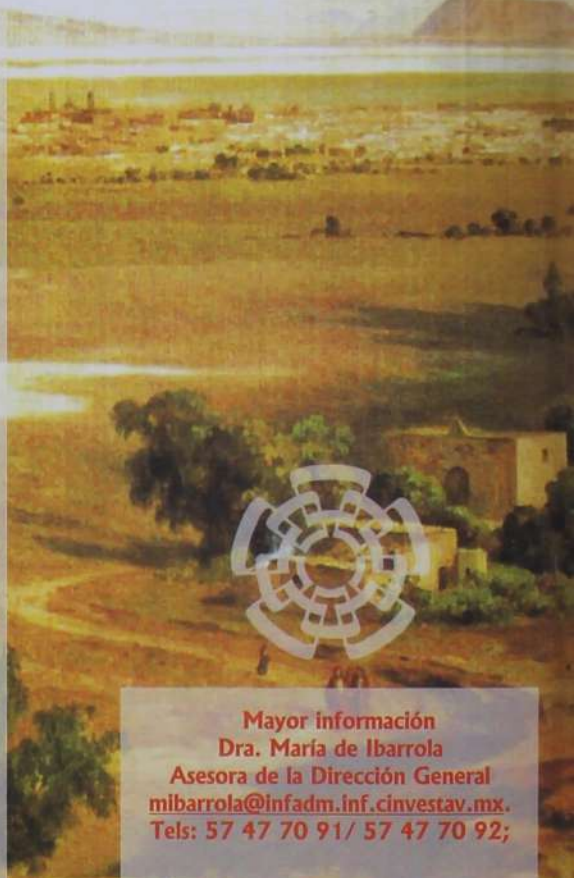
*a toda la comunidad del Cinvestav:
académicos, alumnos, egresados, trabajadores
administrativos, técnicos y manuales a escribir
testimonios libres sobre cualquier tipo de
experiencia o reminiscencia significativa de su
vida en nuestra institución.

* a los colegios de profesores de las unidades,
departamentos y secciones a organizarse
internamente para producir la historia de sus
entidades.

* a los jóvenes investigadores de nuestra
institución a participar en la realización de
diálogos y entrevistas a los profesores
fundadores y eméritos.

*a todo el personal académico a preparar, a
su elección y criterio, ponencias sobre la
historia de distintas líneas o temáticas del
conocimiento aportado por el Cinvestav y a
debatirlas con especialistas externos en foros
públicos a celebrarse en el año 2001.

El material recuperado por estas diversas vías
dará origen a volúmenes impresos o materiales
audio visuales diferenciados que consignarán
diversos enfoques sobre la historia de nuestra
institución, que se publicarán a lo largo del año
2001.



Mayor información
Dra. María de Ibarrola
Asesora de la Dirección General
mibarrola@infadm.inf.cinvestav.mx
Tels: 57 47 70 91/ 57 47 70 92;



FT009563



Centro de Investigación
y de Estudios Avanzados del IPN
CINVESTAV

DIRECTOR GENERAL
Adolfo Martínez Palomo
ASESORA DE LA DIRECCIÓN GENERAL
María de Ibarrola Nicolín
SECRETARIO ACADÉMICO
René Asomoza
SECRETARIO DE PLANEACIÓN
Manuel Méndez Nonell
SECRETARIO DE RECURSOS
HUMANOS Y MATERIALES
Jesús Fernando Ureste Balam

AVANCE Y PERSPECTIVA

DIRECTOR EDITORIAL
Enrique Campesino Romeo
EDITORA ASOCIADA
Gloria Novoa de Vitagliano
COORDINACIÓN EDITORIAL
Martha Aldape de Navarro
DISEÑO Y CUIDADO DE LA EDICIÓN
Rosario Morales Alvarez
FOTOGRAFÍA
Carlos Villavicencio
Sección Fotografía
del CINVESTAV
CAPTURA
Josefina Miranda López
María Eugenia López Rivera
María Gabriela Reyna López

CONSEJO EDITORIAL

J. Víctor Calderón Salinas
BIOQUÍMICA
Luis Capurro Filigrasso
UNIDAD MÉRIDA
Marcelino Cerejido
FISIOLOGÍA
María de Ibarrola Nicolín
INVESTIGACIONES EDUCATIVAS
Eugenio Frixione
BIOLOGÍA CELULAR
Jesús González
UNIDAD QUERÉTARO
Luis Herrera Estrella
UNIDAD IAPUATO
Luis Moreno Armella
MATEMÁTICA EDUCATIVA
Angeles Paz Sandoval
QUÍMICA
Miguel Ángel Pérez Angón
FÍSICA
Gabino Torres Vega
FÍSICA

Correo electrónico:

avance@mail.cinvestav.mx

Consulte nuestra página de Internet:
http://www.cinvestav.mx/web/elect/avance.htm

RESPONSABLE

Valente Espinosa

AVANCE Y PERSPECTIVA

SUMARIO

Volumen 19

marzo-abril de 2000

- 67 *Crónica de una sobre explotación legalizada: la pesquería de atunes en el Atlántico Sudoccidental*
Andrés C. Milessi y Omar Defeo
- 75 *Sistemas integrales de producción agroacuicola: nuevas formas de optimizar el uso de los recursos naturales*
Alejandro Flores Nava

FORO

- 81 *Sobre el desacostumbrado hábito de opinar*
Marcelino Cerejido
- 89 *Internet, la bomba y la física del siglo XX*
Guillermo Contreras Nuño

NOTICIAS DEL CINVESTAV

- 95 *Jesús González Hernández, Premio Nacional de Ciencias y Artes 1999*
- 98 *Trece investigadores del Cinvestav ingresan a la Academia Mexicana de Ciencias*

INNOVACIONES EDUCATIVAS

- 99 *Enseñanza de las ciencias en la primaria mexicana*
Luis A. Orozco
- 105 *Coherencia y educación en ciencias*
Marjorie G. Bardeen y Leon M. Lederman

DIALOGOS

- 113 *Las bases neuromorfológicas de la conciencia*
Carlos Chimal

MATICES

- 125 *Y seguimos comiendo manzanas*
Juan Carlos Raya Pérez

Portada: La conservación de los recursos pesqueros es motivo de interés entre científicos y usuarios.

Foto: D. Cervantes

Avance y Perspectiva, órgano de difusión del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, CINVESTAV, es una publicación bimestral. El Número correspondiente a marzo-abril de 2000, volumen 19, se terminó de imprimir en febrero de 2000. El tiraje consta de 8,000 ejemplares. **Editor responsable:** Enrique Campesino Romeo. Oficinas: Av. IPN No. 2508 esquina calzada Ticomán, apartado postal 14-740, 07000, México, D.F. Certificados de licitud del título No. 1728 y de contenido No. 1001 otorgados por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Reserva de Título No. 577-85 otorgado por la Dirección General del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Publicación periódica: Registro No. 01603-89, características 220221122, otorgado por el Servicio Postal Mexicano. **Negativos, impresión y encuadernación:** Grupo Printer Pack, S.A. de C.V., Av. Azcapotzalco 224, Col. Angel Zimbrón, México, D.F. *Avance y Perspectiva* publica artículos de divulgación y notas sobre avances científicos y tecnológicos. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Las instrucciones para los autores que deseen enviar contribuciones para su publicación aparecen en el número enero-febrero del 2000 página 48. Se autoriza la reproducción parcial o total del material publicado en *Avance y Perspectiva*, siempre que se cite la fuente. *Avance y Perspectiva* se distribuye en forma gratuita a los miembros de la comunidad del CINVESTAV y a las instituciones de educación superior. Suscripción personal por un año: \$ 120.00

**ASOCIACIÓN LATINOAMERICANA
DE MICROBIOLOGÍA**

**ASOCIACIÓN MEXICANA
DE MICROBIOLOGÍA**

XV

**CONGRESO
LATINOAMERICANO
DE MICROBIOLOGÍA**

XXXI

**CONGRESO
NACIONAL DE
MICROBIOLOGÍA**

Mérida, Yucatán, México

Hotel Fiesta Americana, 9-13 de abril de 2000

Reuniones satélite
Conferencias magistrales
Exposición técnico científica
Cursos precongreso
Simposia
Actividades culturales

***Importantes premios a los mejores trabajos libres**

Informes e inscripciones

Dra. Enedina Jiménez Cardoso Tel. (52) 55 88 40 19, Fax (52) 57 61 03 03

e-mail enedina@servidor.unam.mx

Dr. Rogelio Maldonado Rodríguez Tel. 57 29 60 00 ext. 62322, Fax. 53 41 92 38,

e-mail romaldo@alquimia.encb.ipn.mx

Crónica de una sobreexplotación legalizada: la pesquería de atunes en el Atlántico Sudoccidental

Andrés C. Milessi y Omar Defeo

En un artículo reciente, Capurro y Defeo¹ mencionaban que casi la mitad de los *stocks* de peces en el mundo están siendo extraídos hasta el límite de su capacidad, y un 22% están sobreexplotados o bien ya colapsaron. Argumentaban que la cada vez menor disponibilidad de recursos, la carencia de proteínas y el desempleo generan una creciente presión de explotación aun a bajos niveles de abundancia de los recursos, lo cual determina esfuerzos de manejo estériles o ineficientes. Lo más dramático es que varios recursos pesqueros están en declinación e inminente riesgo de sobreexplotación, entre los cuales no sólo figuran las especies que son capturadas en forma predeterminada, sino también aquellas capturadas en forma fortuita o incidental por equipos de pesca que no distinguen entre especies y objetivos de captura que impone el hombre. En este artículo mostramos que las especies capturadas incidentalmente también pueden ser objeto de sobreexplotación. Asimismo, mostramos la ineficiencia de medidas de manejo, debido a la creciente complejidad de la actividad pesquera².

Captura objetivo, incidental y descarte

Los pescadores deciden continuamente dónde, cómo y cuándo ir a pescar. En esto juega un papel principal la especie a ser capturada. Las especies objetivo son aquellas a las cuales se dirige el esfuerzo de pesca en una

El M. en C. Andrés Milessi es egresado del programa de maestría de la Unidad Mérida del Cinvestav. El Dr. Omar Defeo es investigador titular del Departamento de Recursos del Mar de esta unidad. Dirección electrónica: odefeo@kin.cieamar. conacyt.mx



primera instancia, ya sea por razones económicas (mayor precio) o de abundancia. Sin embargo, durante la operación de pesca, no sólo es capturada la especie objetivo sino también una gran cantidad de especies cuyo destino es variable. En este contexto pueden distinguirse dos componentes adicionales a las especies objetivo, definidos como captura incidental y descarte. La captura incidental está formada por especies no buscadas, atrapadas en forma fortuita por el arte de pesca en operación, que son consumidas y comercializadas a menores precios que las objetivo. El descarte está constituido por especies no comestibles, sin valor económico o desechadas por consideraciones legales o personales, que son devueltas al mar muertas o con posibilidades de supervivencia³.

El Atlántico Sudoccidental

En muchas pesquerías del mundo se han observado fenómenos secuenciales de sobrepesca: en primer término se produce la sobreexplotación de las especies objetivo y luego de especies incidentales. En efecto, los pescadores seleccionan las especies objetivo en las primeras etapas de desarrollo de la pesquería y luego, en función de la disminución de su abundancia, tienden a dirigir su esfuerzo a especies menos valuadas en el mercado⁴. Esta secuencia de agotamiento no había sido

observada hasta el presente en pesquerías de Latinoamérica. En este trabajo se muestra un caso concreto referido a la pesquería de atunes y especies afines del Atlántico Sudoccidental².

La flota atunera uruguaya (FAU) opera con palangre de superficie en aguas uruguayas de la zona común de pesca argentino-uruguaya (ZCPAU) y en aguas internacionales adyacentes del Océano Atlántico Sudoccidental (ASO). Los palangres de superficie son artes de pesca que constan de una extensa línea (75 a 100 km de extensión) de la cual cuelgan cientos de anzuelos cebados con carnada natural (Fig. 1). La FAU tiene como especies objetivo al pez espada (*Xiphias gladius*) y a los atunes ojo grande (*Thunnus obesus*) y aleta amarilla (*Thunnus albacares*). La captura incidental está representada por otros atunes, varias especies de tiburones pelágicos, marlines y por el escolar negro (*Lepidocybium flavobrunneum*), entre otras⁵.

La FAU comenzó su actividad en 1981, utilizando barcos congeladores con palangre de superficie tipo japonés. A principios de los años 90 y hasta la fecha, estos barcos fueron reemplazados por unidades de menor tamaño que utilizan palangres diferentes, españoles y americanos, que conservan el producto en fresco y por tanto sus viajes son más cortos. Estas modificaciones de la modalidad operativa de extracción y

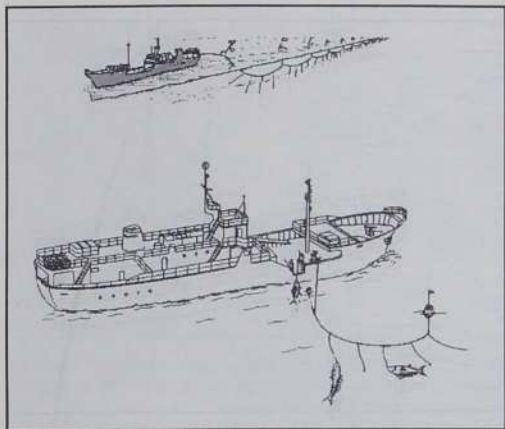


Fig. 1. Barcos operando con palangre de superficie. En detalle se observa la línea madre y los anzuelos, suspendidos de la superficie por boyas.

procesamiento han repercutido en la composición de las especies capturadas, desembarcándose y comercializándose especies que antes eran descartadas⁵. La tendencia a la sobreexplotación observada por la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT por sus siglas en inglés) en grandes migradores pelágicos en todo el Atlántico y especialmente en el ASO provocó la instrumentación de medidas de regulación a partir de 1993, que incluyen tallas mínimas de captura y control de la magnitud de las capturas y del esfuerzo para las especies objetivo antes mencionadas. Al respecto, se limitó el número de embarcaciones pesqueras a un número definido, tanto por parte de ICCAT como por el gobierno uruguayo^{5,6}.

El caso del escolar negro

La evolución histórica de las capturas de la FAU mostró un máximo para la captura objetivo en 1984 (2,521 t) y para la incidental en 1985 (925 t). A partir de entonces se registró una disminución continua de ambas hasta un mínimo en 1991, para luego volver a aumentar hacia el final del período (Fig. 2). El análisis de largo plazo mostró un aumento significativo del porcentaje capturado de las especies incidentales en el total durante los 16 años de actividad pesquera de la FAU. Dicho aumento podría ser interpretado como un efecto indirecto de agotamiento



de las especies objetivo. Una hipótesis tendiente a explicar el aumento de la captura incidental en el largo plazo sería la ocurrencia de efectos en cascada o agotamiento secuencial de especies objetivo, que a su vez producen un aumento en el precio de las especies incidentalmente capturadas. En casos de baja abundancia de especies objetivo puede ocurrir un cambio de estrategia en la asignación del esfuerzo hacia estas especies, lo cual genera una nueva jerarquización de ellas⁷. Este resultado, si bien importante, tiene naturaleza agregada, es decir, no discrimina entre especies y no da cuenta de la magnitud del efecto de la pesca tanto en especies objetivo como incidentales. Con el fin de evaluar si la hipótesis de agotamiento secuencial era evidente a nivel específico, se analizó en el largo plazo la evolución de las capturas del escolar negro

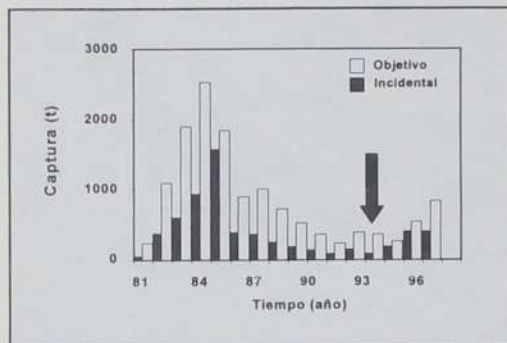


Fig. 2. Valores anuales de captura objetivo e incidental en toneladas (t) para la FAU en el período 1981-1996. La flecha indica el año en que se instrumentaron medidas regulatorias.

Lepidocybium flavo-brunneum, especie incidentalmente capturada por la FAU.

Los resultados del análisis de largo plazo mostraron signos de sobreexplotación del escolar negro en el ASO. El más evidente fue la disminución sistemática del peso medio individual, estimado en base a mediciones diarias de los ejemplares capturados entre 1981 y 1996. El peso medio anual de los ejemplares disminuyó casi un 40% en 15 años: de 23.2 kg en 1982 a 14.1 kg en 1996 (Fig. 3). Esto también puede considerarse un síntoma del estado de salud de la pesquería como un todo. La marcada disminución en un indicador de la biología poblacional; el peso individual, en este caso, es síntoma inequívoco de que elevadas intensidades de esfuerzo y/o creciente poder de pesca pueden tener las mismas consecuencias negativas en especies incidentales y objetivo. Es decir, ambas son susceptibles a sobreexplotación o bien a la reducción de tasas de fecundidad o alguna otra propiedad de la población que a su vez repercute negativamente en los niveles poblacionales⁸.

Un marco regulatorio ineficiente

La tendencia creciente en la proporción de la captura incidental y la reducción en el peso medio individual del escolar negro son resultados de largo plazo que demuestran que la legislación es condición necesaria pero no suficiente para un adecuado manejo de los recursos pesqueros. Inclusive, puede volverse contraria a los

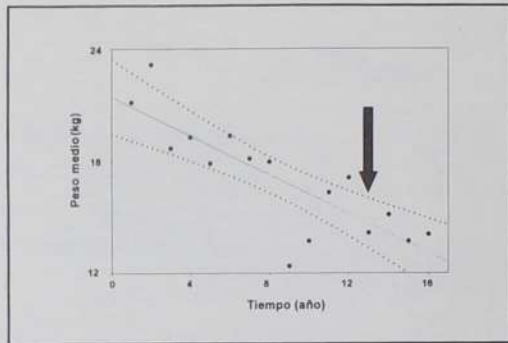


Fig. 3. Correlación lineal bivariada e intervalo de confianza de la regresión al 95 % entre el tiempo de actividad de la FAU y el peso medio anual ponderado de escolar negro ($t=1$: 1981, $t=16$: 1996). La flecha indica el año en que se instrumentaron medidas regulatorias.

objetivos para los cuales se realizó. Las medidas de regulación adoptadas e institucionalizadas mediante decretos gubernamentales y de la ICCAT no han sido efectivas. Las razones de esta falla son de origen variado:

(1) La alta co-ocurrencia de especies objetivo e incidentales en las capturas de la FAU en el ASO las hace igualmente susceptibles de sobreexplotación. A su vez, esto hace que la percepción de asignación de cuotas de captura solamente a algunas especies objetivo, y en un contexto uniespecífico, sea inadecuada. Hemos mostrado que el efecto nocivo de la pesca puede generar signos de sobreexplotación evidentes en especies incidentalmente capturadas como escolar negro, como resultado de un agotamiento secuencial de stocks.

(2) La cada vez menor disponibilidad de recursos y la marcada sobrecapitalización de la flota pesquera mundial induce la infracción de las normas vigentes¹. Esto ocurre mucho más fácil en pesquerías como la analizada, la cual se desarrolla en aguas internacionales distantes a la costa⁹. Esta distancia aumenta la probabilidad de ocurrencia de usuarios no contribuyentes involuntarios e intencionales¹⁰. Los involuntarios son aquellos componentes de la FAU, con permiso vigente, que siguen capturando más de lo permitido debido a que no pueden estar seguros de que otros pescadores actúen en concierto para sostener el rendimiento del recurso en el largo plazo. Los usuarios no contribuyentes intencionales son un número elevado e indeterminado



de unidades pesqueras no autorizadas por ICCAT que pescan activamente en la zona y generan un marco de incertidumbre e ineficiencia en los esquemas de manejo establecidos por dicha comisión internacional.

(3) La distancia de operación a la costa ocasiona una inexistente o, en el mejor de los casos, inoperante vigilancia por parte de los gobiernos que integran la ICCAT. Los altos costos de operación para la vigilancia y control de las normas vigentes son las principales causas de esta ineficiente capacidad de regulación de actividades pesqueras. Los acuerdos en aguas internacionales, que incluyen el acceso limitado requerido para un manejo apropiado, no han sido respetados por las partes⁹. Se ha observado una migración del esfuerzo pesquero del hemisferio norte al sur, con la presencia en el ASO de unidades pesqueras no autorizadas a operar en esta región, incluyendo países no contribuyentes involuntarios e intencionales (Taiwan, Belice, Panamá), lo cual aumenta aún más la presión pesquera en esta región y los riesgos de sobreexplotación de estos recursos.

(4) Las dificultades en la obtención de información confiable derivada de los partes de pesca aumenta exponencialmente el riesgo de sobreexplotación de estos recursos pelágicos mayores.

(5) Un factor adicional que ha contribuido en buen grado a la sobreexplotación de recursos pesqueros ha

sido el aumento muchas veces imperceptible del poder de pesca, el cual no ha sido tomado en cuenta en los modelos pesqueros ni en el marco regulatorio de manejo correspondiente^{9,11}. En este caso, los cambios introducidos en la FAU — tales como nuevos diseños en las embarcaciones, mejoras en el procesamiento de la captura (refrigeración), incorporación de fibras de monofilamento en los palangres y sofisticados sistemas de navegación por satélite y de localización de peces — han proporcionado una mayor eficiencia de captura para las mismas unidades de esfuerzo. Es decir, las capturas obtenidas por un mismo barco se multiplican y generan ineficiencia en las medidas de manejo basadas en el control del número de unidades operando como criterio nominal de restricción del esfuerzo. Lo anterior es de vital importancia en la pesquería analizada, pues si bien se han establecido límites en el número de unidades en la FAU, no se ha tomado en cuenta la evolución del poder de pesca como factor determinante del desempeño pesquero. Este factor no sólo puede suplir la “reducción del esfuerzo” sino incluso potenciar la capacidad pesquera de las unidades y producir un esquema de sobreexplotación “legalizado” por un marco institucional de manejo que se restringe a imponer medidas operacionales de manejo basadas en simples e inadecuados controles de captura, esfuerzo y tallas.

Este marco de “sobreexplotación legalizada” no es privativo del ASO. Existen innumerables ejemplos

observados, aunque no debidamente documentados en la literatura, que pueden servir de sustento a lo aquí escrito. Es misión de nosotros, como científicos, obtener la información robusta necesaria para generar conocimientos bioeconómicos sólidos destinados a un adecuado manejo de nuestros recursos pesqueros. También debemos llamar la atención a la comunidad sobre los riesgos de sobreexplotar los recursos, derivados tanto de la acción pesquera como tal, como de los marcos de manejo ineficientes instrumentados por los administradores responsables de la toma de decisiones.

Algunas alternativas plausibles para solucionar esta situación podrían ser:

(a) La incorporación de los usuarios habilitados en los esquemas de vigilancia y manejo de los recursos (co-manejo), los cuales pueden avisar a la autoridad sobre las unidades no contribuyentes intencionales que operen en la zona, y con ello hacer efectiva la toma de medidas drásticas tales como decomisos de captura, embargos y sanciones económicas.

(b) Las unidades que operen en la zona deberán poseer un sistema de localización por satélite, similar a las cajas negras de aviones, para obtener sus posiciones de forma confiable cuando se encuentren en aguas internacionales y respeten los acuerdos multilaterales. Esto ha sido practicado con éxito en algunas pesquerías de Nueva Zelanda y en Inglaterra⁹. Los sistemas de vigilancia satelitales, a través de un monitoreo automático de los barcos, ofrecen la más segura, y quizás única, esperanza para un efectivo control de las capturas y las zonas de operación de las flotas pesqueras en alta mar.

(c) Proponer un manejo multispecífico de los recursos, que incluyan no sólo especies objetivo sino también las incidentales, debido a que la explotación pesquera por la FAU opera sobre un recurso multispecífico obtenido de forma incidental o intencionalmente por la flota operante. Según el tipo de recurso, será importante establecer esquemas de manejo de áreas y tiempos de operación de las flotas con el fin de evitar la sobreexplotación.

(d) Promover un esquema de "redundancia" en las medidas de manejo⁹, es decir, utilizar en forma conjunta medidas que pudieran ser redundantes en cuanto al objetivo común de largo plazo, que es mantener la



sustentabilidad del recurso en el largo plazo. En tal sentido, deberán aplicarse simultáneamente cuotas de capturas, tallas mínimas comercializables, controles de esfuerzo y zonas de pesca.

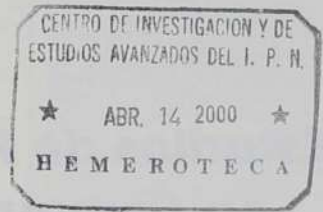
(e) Fomentar en los usuarios y en el público en general una toma de conciencia dirigida a mitigar el descarte de especies incidentalmente capturadas y evitar la captura de especies en peligro de extinción, tales como tortugas y algunos mamíferos marinos.

(f) Instrumentar programas de observadores a bordo, a efectos de obtener información biológica confiable que dé cuenta, en tiempo real, del estado de salud de los recursos explotados, así como de la magnitud del impacto de la pesca en el ecosistema.



Notas

1. L. Capurro, y O.D. Defeo. *Avance y Perspectiva* **18**, 159 (1999).



2. A. Milessi, tesis de maestría, Departamento de Recursos del Mar, Cinvestav, Unidad Mérida (1999).
3. *A global assessment of fisheries bycatch and discards*, *FAO Fish. Tech. Pap.* **339**, 100 (1994).
4. J.M. Orensanz, J. Armstrong, D. Armstrong, y R. Hilborn, *Rev. Fish. Biol. Fisheries* **8**, 100 (1998).
5. O. Mora, ICCAT, Informe del período bienal (1995).
6. MGAP, Instituto Nacional de Pesca, Decreto # 149/997 (1997).
7. A. Domingo, O. Mora y A. Milessi, Meeting of the Shark Working Group of the ICCAT Sub-committee on Bycatch, ICCAT/SCRS, **42** (1996).
8. P.K. Dayton, S.F. Thrush, M.T. Agardy, M.T. y R.J. Hofman. *Aquat. Conserv.: Mar. and Freshw. Ecosys.* **5**, 100 (1995).
9. J. F. Caddy, *Rev. Fish Biol. Fisheries* **9**, 100 (1999).
10. J.C. Seijo, O. Defeo y S. Salas, *FAO Fish. Tech. Pap.* **368**, 100 (1998).
11. J.F. Caddy y O. Defeo. *Fish. Res.* **25**, 100 (1996).



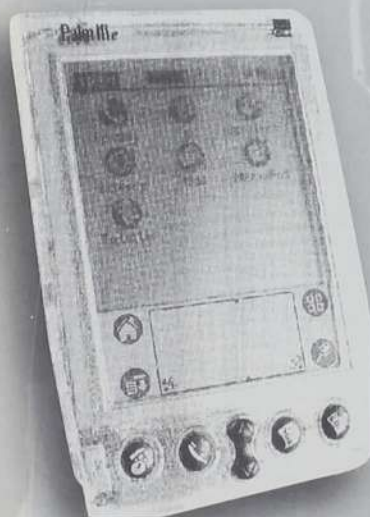
Instituto Politécnico Nacional

Centro de Investigación en Computación

Estudios de Posgrado en Computación

Maestría y doctorado
especializaciones

Áreas de investigación



Inteligencia artificial

Programación de sistemas y
tecnología de software

Sistemas en tiempo real

Computación distribuida y paralela

Sistemas de información y bases de datos

Procesamiento de imágenes, reconocimiento
de patrones y graficación

Electrónica y sistemas digitales

Matemáticas computacionales

Mayores informes:

Av. Juan de Dios Bátiz s/n, esq. Miguel Othón de Mendizábal
Unidad Profesional "Adolfo López Mateos"
Col. Lindavista, C.P. 07738, México, D.F.
Tel: 57 29 60 00 ext. 56501, 56537
e-mail: cguzman@pollux.cic.ipn.mx
web <http://www.cic.ipn.mx>

Sistemas integrales de producción agroacuícola: nuevas formas de optimizar el uso de los recursos naturales

Alejandro Flores Nava

Acuicultura

Los recursos naturales, y especialmente los utilizados en la alimentación humana, son objeto de crecientes presiones inducidas por el explosivo crecimiento demográfico. Existen diversas respuestas a los retos para incrementar la productividad alimentaria de origen terrestre o acuático: uso de semillas mejoradas, promotores de crecimiento, fertilizantes de alto rendimiento y sistemas intensivos de alto control ambiental; no obstante, el costo ecológico de su aplicación es aún incierto. Existe, en contraste, una tendencia a retomar antiguos esquemas de producción agropecuaria y acuícola, cuyo principio es la máxima utilización recíproca de la energía generada de manera intrínseca por diversos elementos de un sistema biótico. A estos sistemas de producción asociada se les conoce como “granjas integrales”.

Empecemos por definir la palabra “acuícola”. La acuicultura es la contraparte acuática de la agricultura; es decir, es el cultivo de organismos acuáticos en condiciones controladas. En este sentido, las granjas agroacuícolas incorporan subsistemas productivos de ambos medios, en una especie de “simbiosis productiva”. Es importante también definir un “sistema” en el contexto agroacuícola. Esto es, el conjunto de elementos bióticos o subsistemas que conforman un todo productivo; en las granjas donde se asocian la avicultura, la piscicultura y la horticultura, estos tres cultivos constituyen por separado los subsistemas, mientras que en asociación productiva conforman el sistema integral.

¿Qué es una granja integral?

En un sistema de producción agrícola o acuícola tradicional, las plantas o los peces son objeto de un

El Dr. Alejandro Flores Nava es investigador titular del Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav. Dirección electrónica: alflores@kin.cieamer.conacyt.mx

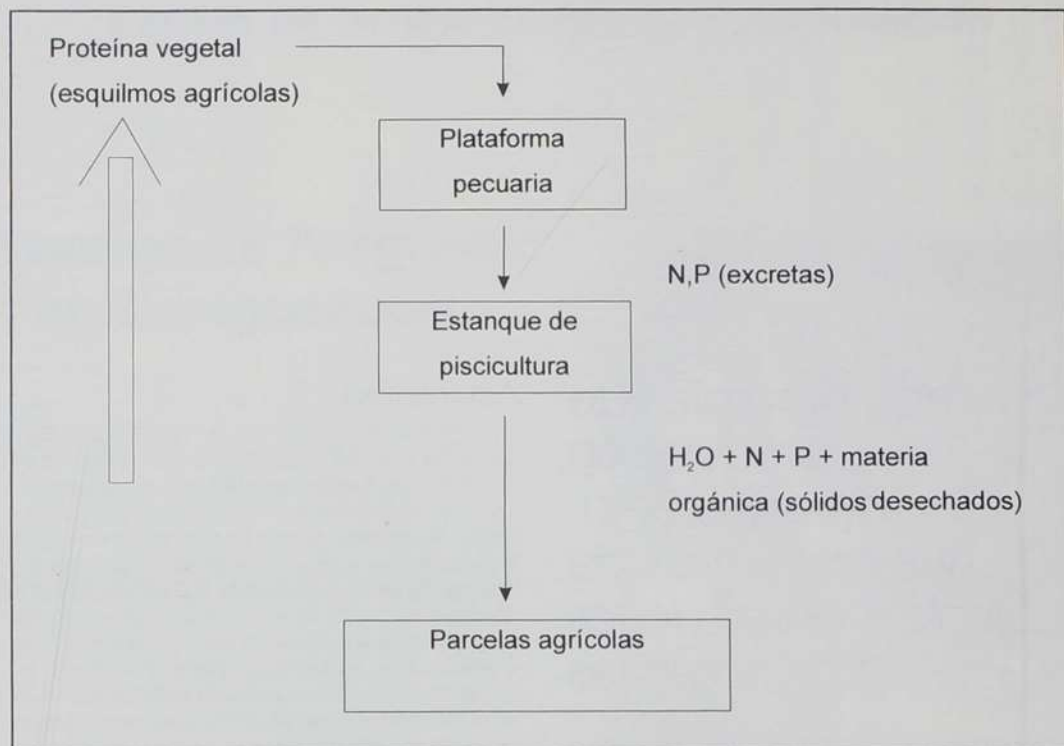


Figura 1. Diagrama del flujo de nutrientes en una granja integral avícola/acuícola/agrícola.

monocultivo; es decir, se pretende maximizar la producción de una sola especie en una determinada superficie de tierra o volumen de agua. En ambos casos, la fertilidad natural del medio de cultivo está reforzada con nutrientes obtenidos a partir de la fertilización química, o bien de alimentación suplementaria. El resultado esperado es la producción de biomasa comercializable en cantidades muy superiores a las que la fertilidad natural del suelo o del agua pueden soportar. Este proceso, sin embargo, genera desechos orgánicos que son eliminados y su descarga puede generar efectos adversos al entorno.

En contraste, los sistemas integrales tienen como principio fundamental la utilización de los desechos orgánicos generados por cada uno de los componentes del policultivo. El flujo de nutrientes (elementos indispensables para las plantas, como el nitrógeno N y el fósforo P) que se inicia a partir de una única entrada o subsidio (alimento suministrado) pasa de manera verti-

cal de un nivel a otro y minimiza su pérdida al entorno. Así pues, el principio biotecnológico de los sistemas integrales radica en el reciclaje de la energía que se introduce a través de la fuente proteica del o de los cultivos principales (figura 1).

Asociación productiva

Un ejemplo milenario es la asociación productiva porcicultura/acuícultura. En este sentido, en China se considera a los cerdos como bio-fertilizadores sin costo, ya que en condiciones extensivas la producción anual de excretas de 20 a 30 cerdos equivale a una tonelada de sulfato de amonio aplicable directamente al suelo agrícola; los cerdos, a su vez, son alimentados con una combinación de excretas de aves de corral, plantas acuáticas y esquilmos agrícolas, con los que también se producen abonos verdes que son aplicados en piscicultura¹.

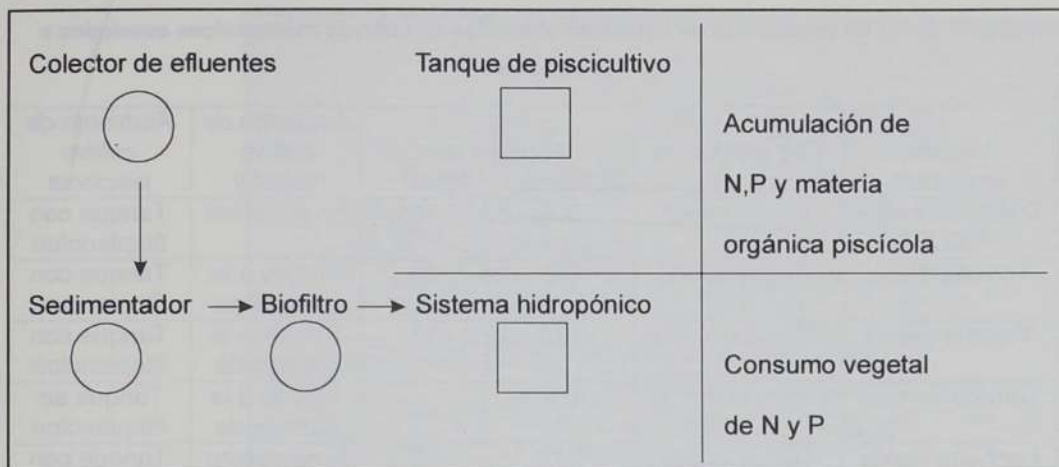


Figura 2. Esquema de un sistema piscicultura/hidroponia.

Si bien las granjas integrales tienen su origen y máxima expresión en países asiáticos, esta exitosa “eco-producción” de proteína a bajo costo se ha difundido a diversos países del orbe. En Europa Central, por ejemplo, se registran experiencias de integración productiva desde principios de los años treinta. Es quizás Hungría el país donde más se ha intensificado el uso de granjas integrales, a través de la producción combinada de patos y peces, lo que constituye una de las fuentes de proteína animal más importantes de ese país.

Se ha demostrado que la integración de la cría de patos a la piscicultura puede quintuplicar la producción de carne por unidad de área, en relación a la obtenida en cultivos aislados. Woynarovich² estima una producción de 7 kg de excretas por cada pato durante un período de crecimiento de 36 días, que contienen aproximadamente 1% de nitrógeno, 0.3% de fósforo y 2% de potasio, suficientes para estimular el crecimiento de las poblaciones de microalgas acuáticas (fitoplancton), que a su vez constituyen la fuente primaria de proteína de peces en cultivo.

Por otra parte, algunos peces como la tilapia (*Oreochromis sp*) han demostrado su enorme potencial como “bio-fertilizadores” en cultivos integrados, ya que sus excretas concentran una cantidad considerable de nutrientes, que se liberan al agua y estimulan al fito-



plancton. Tanto los compuestos nitrogenados y fosforados que se liberan al agua, como las heces fecales mismas y las algas en exceso, constituyen conjuntamente una matriz orgánica utilizable directamente en la agricultura.

Debido a los hábitos de consumo alimentario de microalgas acuáticas (fitoplanctófagos) de la tilapia, el sistema se vuelve auto-sostenible en virtud de que la generación de fitoplancton es suficiente para mantener las necesidades alimentarias de los peces en cultivo, al

Tabla1.- Datos de producción de hortalizas obtenidas en cultivos hidropónicos asociados a piscicultura¹.

Vegetal producido	Pez producido	Producción		Ambiente de cultivo vegetal	Ambiente de cultivo piscícola
		kg/planta	kg/m ³		
Tomate koralá – 127	Tilapia aurea	6.8	46	Invernadero	Tanque con fitoplancton
Tomate tropic	Tilapia aurea	3.2	35	Surcos a la intemperie	Tanque con fitoplancton
Tomate sunny	Tilapia nilótica	10.1	18	Surcos a la intemperie	Tanque con fitoplancton
Tomate floradel	Bagre de canal	5.4	-	Surcos a la intemperie	Tanque sin fitoplancton
Lechuga reskis	Tilapia aurea	0.23	42	Invernadero	Tanque con fitoplancton
Pepino triunfo	Bagre de canal	4.1	-	Surcos a la intemperie	Tanque sin fitoplancton

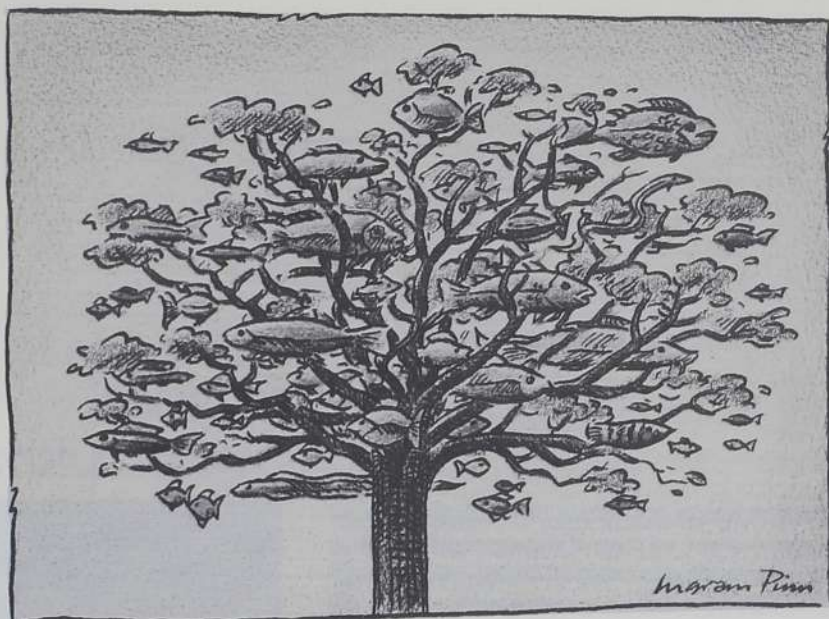


mismo tiempo que se produce un excedente de nutrientes y materia orgánica para fines agrícolas.

La agro-acuicultura ha adoptado también formas intensificadas de producción en países industrializados. Por ejemplo, en los Estados Unidos se ha desarrollado toda una línea de investigación tecnológica relacionada con la utilización de efluentes de cultivos

intensivos de tilapia *Oreochromis niloticus* para la producción hidropónica (que tiene como sustrato al agua misma) de diversas hortalizas en sistemas recirculantes (figura 2).

En estos sistemas el principio se basa en que la asimilación directa de los nutrientes que ingresan a los tanques de piscicultura, en forma de alimento suple-



mentario, alcanza únicamente de un 25 a un 30%, mientras que el resto es desechado en las aguas de descarga. Estas se acumulan en un reservorio y su concentración se aproxima a los requerimientos de cultivos hidropónicos. Como el esquema lo ilustra, los sólidos en suspensión son sedimentados en un tanque, con lo que los nutrientes disueltos fluyen hacia cultivos hidropónicos, previo paso a través de un filtro biológico, y la filtración biológica se reduce al uso de bacterias nitrificantes que convierten los compuestos nitrogenados que resultan tóxicos a los peces en cultivo (amonio y nitrito) a nitrato, que resulta inocuo y que además es la forma consumible por las plantas.

Bajo impacto ambiental

El proceso anterior ha conducido a la producción masiva, comercial e integrada, de peces y vegetales en condiciones de bajo impacto ambiental, que por este hecho adquieren un importante valor agregado. La tabla 1 presenta una selección de datos de producción de vegetales en integración con piscicultivos.

Las granjas integrales también han incrementado con éxito la disponibilidad de proteína de origen animal en diversos países de África, particularmente en zonas de baja fertilidad de suelos e incluso con escasez de agua. Estos esquemas han sido igualmente adoptados para aliviar la pobreza en algunos países de América como Guatemala y Panamá.

En nuestro país existen las condiciones adecuadas para el desarrollo de sistemas integrales de producción agro-acuícola, ya que contamos con características climáticas tropicales y subtropicales que permiten el desarrollo adecuado de peces, aves y hortalizas de rápido crecimiento. También poseemos una larga tradición en prácticas de agricultura de traspatio, lo cual se presta para facilitar procesos de adopción de estos esquemas integrales en beneficio principalmente de áreas rurales que en conjunto pueden contribuir a incrementar la disponibilidad de proteína de bajo costo y alto valor nutricional.

El Departamento de Recursos del Mar de la Unidad Mérida del Cinvestav desarrolla actualmente un proyecto piloto en algunas comunidades rurales de Yucatán,

donde se estudia la dinámica de los nutrientes en sistemas integrales, así como el impacto económico de su instrumentación como alternativa productiva agropiscícola en modelos de bajo impacto ecológico.



Notas

1. M.N. Delmendo, A review of Integrated Livestock-Fowl-Fish Farming Systems, en R.S.V. Pullin and Z. Shehadeh, Eds., *Integrated Agriculture-Aquaculture Farming Systems*. ICLARM Conf. Proc. 4 (International Center for Living Aquatic Resources Management, Laguna de Bay, Filipinas, 1980) p. 59.

2. E. Woynarovich, Utilization of Piggery in Fish Ponds, en R.S.V. Pullin and Z. Shehadeh, *op. cit.* p. 175.

3. J.E. Rakocy, J.A. Hargreaves, Integration of Vegetable Hydroponics with Fish Culture: A Review, en J.K. Wang, Ed., *Techniques for Modern Aquaculture*, Proc. Aquacultural Engineering Conference (American Society of Agricultural Engineers, 1993).



Sobre el desacostumbrado hábito de opinar

Marcelino Cereijido

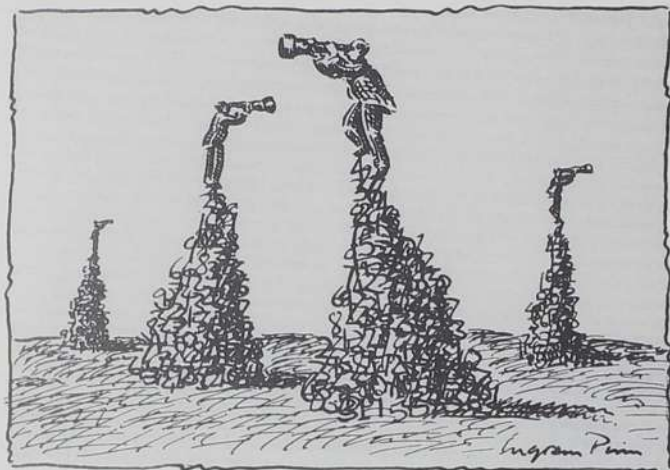
Quiero referirme a la crítica al libro *The Sun, the Genome and the Internet* de Freeman J. Dyson (Oxford University Press, 1999), que apareció en *Avance y Perspectiva* de enero-febrero del 2000¹. En ese artículo se alude de paso a mi reciente evaluación de la Biología del Siglo XX publicada también en nuestra revista² y se señalan algunos contrastes. Aún no me ha llegado el libro de Dyson, razón por lo cual me referiré a los comentarios incluidos en ese artículo¹.

Discrepancias

En el artículo se dice: "Dyson plantea (...que...) el actual desarrollo de la biología todavía no puede equipararse al alcanzado por la física (...porque la biología...) no contempla la construcción de sus propias herramientas para realizar sus experimentos. En segundo lugar, los biólogos tampoco se han preocupado por generar sus propios modelos matemáticos para describir el comportamiento de los sistemas biológicos".

En general resulta muy útil repasar la historia de una disciplina científica (como digo en el párrafo anterior, yo mismo lo acabo de hacer con la biología de este siglo) para apreciar lo conseguido, ver qué tipo de dificultades se presentaron y cómo se las superó, hasta qué punto se había predicho lo encontrado o si se trató de descubrimientos sorpresivos, cómo evolucionaron sus bases conceptuales y sus métodos, y cómo pinta el futuro. Pero a veces esa práctica lleva a "cosificar" las cosas y uno

El Dr. Marcelino Cereijido, miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva*, es investigador titular del Departamento de Fisiología, Biofísica y Neurociencias del Cinvestav. Dirección electrónica: cereijido@fisiol.cinvestav.mx.

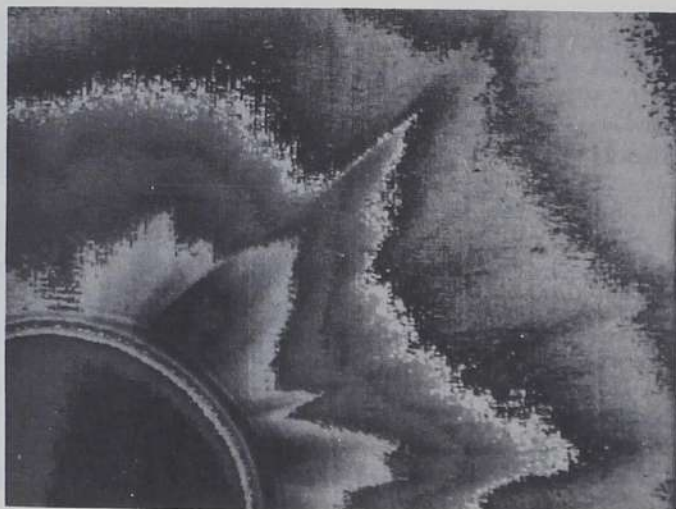


llega a hablar del arte, el mal, el tiempo, la guerra, la digestión, casi como si fueran objetos y, sobre todo, como si se tratara de cosas fijas e inmutables. En este sentido, quienes hablan de las disciplinas científicas suelen olvidar que la realidad no está parcelada en disciplinas, que éstas son territorialidades convencionales que suelen agrandarse, contraerse, deformarse y atomizarse como el mapa de los países europeos a través de los milenios.

Permítanme que ilustre el punto con un ejemplo un tanto dilatado pero delicioso, que me contó el antropólogo Alfredo López Austin. Contra lo que decía el griego Herodoto, padre de la historia ("No hay pueblo sin religión"), Alfredo me contó que en general, las culturas que se conservan aisladas no tienen una palabra para "religión" y que, cuando se le explica a su gente qué es la religión y se les pregunta luego qué religión tienen, contestan que ellos no son religiosos. "¿Por qué entonces cuando se casan se ponen una capa bordada con ciertos diseños, comen esto o aquello, la novia baila así, hace esto y lo otro, se pintan la cara con tal o cual color...?" —Bueno... es que eso es casarse— contestan.

Y responden análogamente cuando se les pregunta sobre los ritos de la siembra, de la cosecha, de los entierros. "Eso es sembrar, cosechar y así es como disponemos de los muertos en este pueblo". En una palabra: no han recortado de su realidad un concepto que corresponda al nuestro de "religión".

Regresando a las disciplinas científicas: éstas van brotando en la medida en que la ciencia enfoca los diversos aspectos de la realidad, los recorta, y desarrolla métodos y esquemas teóricos para estudiarlos más específicamente. Así fueron apareciendo ornitólogos, geólogos, mecánicos cuánticos, virólogos, comunicólogos, politólogos. Los especialistas en cada disciplina van generando sus propias reglas de aceptación de nuevos conocimientos (las normas que pone el editor de cada revista científica para aceptar manuscritos) y para sistematizarlos con lo que ya se conoce (lo que permiten decir en la Introducción, Discusión y Bibliografía). De ese modo, cada disciplina va forjando la epistemología que más le conviene y, aunque muchos sigan hablando de El Método Científico, las formas de hacer ciencia de los distintos especialistas son en general muy dispares. Por ejemplo, cuando un farmacólogo quiere afirmar que cierta fibra muscular responde a la acetilcolina, se le exige que su preparación esté indemne, y que haga, digamos, diez registros con y otros diez sin acetilcolina, que luego compare los valores estadísticamente, etc. En cambio, a un astrónomo no se le puede exigir que registre diez pasos del cometa Haley, pues aparece cada setenta y pico de años, ni a un paleontólogo que encuentre diez esqueletos completos de Lucy (la antropoide de hace millones de años), ni a un historiador que repita diez veces el descubrimiento de América.



Se trata de formas distintas de conocer. Sin embargo, históricamente se constata que las disciplinas ya establecidas se arrojan el derecho de imponerle a las nuevas "sus" normas epistemológicas. Como la matemática y la física fueron las disciplinas formalizadas más tempranamente y fueron objeto de un análisis filosófico más minucioso y prolongado, se llegó a pensar que todas las demás tienen la obligación de matematizarse. Estos fenómenos ocurren aún dentro de una misma disciplina. Por ejemplo los relativistas, mecánicos estadísticos y mecánicos cuánticos, tuvieron que mostrar que los aspectos de la realidad que a ellos les interesa, requieren el desarrollo de enfoques y reglas del juego distintos del que venían empleando los mecánicos "clásicos". Pero todavía sigue habiendo filósofos que hacen rabietas porque los psicólogos y los sociólogos no formulan modelos matemáticos sobre el genocidio, el apetito sexual y la influencia del padre en la cultura. Peor aún, cuando un sociólogo construye tablas con número de habitantes, nacimientos, muertes, distribución por edades, ingreso per cápita, migrantes y matrimonios, da por sentado que "ahora sí" entiende a las sociedades, por el solo hecho de usar cifras.

Por eso me cuesta comprender a Dyson cuando sostiene que los biólogos todavía no crean sus propias herramientas. ¿Creerá en serio que la realidad es par-

lable en disciplinas, que se hacen escrituras notariales, y de ahí en más tienen derechos exclusivos de propiedad territorial? Hace unos cuatro años le dieron el Premio Nobel a Neher y Sakmann porque inventaron micropipetas y circuitos electrónicos (*patch clamp*) para detectar y medir canales iónicos en la membrana celular. Los biólogos diríamos que son científicos que elaboraron las herramientas y procedimientos que necesitaban. Me pregunto si Dyson lo tomaría en cambio como que Neher y Sakmann son físicos metidos a biólogos, o biólogos que hacen física. En la misma vena ¿Dyson creará sinceramente que los físicos idearon un electrocardiógrafo o un supositorio y luego se los pasaron a los biólogos para ver si les encontraban alguna utilidad?

Cuando decimos "herramienta" estamos recurriendo a una metáfora, pues los aparatos que usamos no son todos de hierro, ni enchufables y, a veces, ni siquiera tangibles. Pero por ejemplo para un psicólogo, el Test de Rorschach, y para un médico la Maniobra de Sanmartino, son tan "herramientas" como para mí un fotómetro o un microscopio.

Finalmente, hay unas disciplinas más antiguas y más estructuradas que otras. Pero sobre esa base, no sé a qué llevaría aceptar que la cosmología y la egiptología son "ciencias superiores" cuando se trata de entender y curar una hepatitis.



Aclaraciones

En el mismo artículo se dice¹ "Marcelino Cerejido propuso (...) a la biología (...) como el paradigma de las disciplinas científicas y que en consecuencia desplaza a la física de esta posición." No, no dije semejante cosa. Viniendo de una tradición de que el hombre había sido creado por Dios como tal, los filósofos daban por sentado que la biología "fabricaba" el organismo del ser humano y, de ahí en más, todo era cultura. Algo así como que la industria electrónica fabrica una radio, y luego uno, independientemente, escucha discursos políticos, programas cómicos o recetas de cocina. Por ejemplo, la filosofía nos tenía acostumbrados a presentar a los filósofos (del sexo masculino, europeos, adultos y con los circuitos cerebrales ya acabados) que de pronto se ponían a razonar. En cambio, lo que yo traté de explicar en mi artículo, es que la biología ha descubierto que el cerebro se fue desarrollado en un interjuego de genes y medio ambiente, y que su función central es mantener al organismo vivo (regulando su glucemia, su presión arterial, su temperatura, su capacidad de cazar, eludir depredadores, etc). Los biólogos piensan que, probablemente, el cerebro alcanzó su estructura y forma de funcionar actuales, mucho antes de que el ser humano tuviera ciencia o tuviera un lenguaje parecido al nuestro. Luego, para ese cerebro, "el hacer filosofía y ciencia", es una suerte de epifenómeno, algo así como usar las piernas para jugar fútbol o los dedos para escribir a máquina.

Quienes fueron desarrollando la forma actual de jugar al fútbol, o perfeccionando los teclados de las máquinas, tuvieron que ajustarse a las propiedades biológicas de los humanos. No podrían haber puesto reglas como "se autoriza conducir la pelota de fútbol en las fosas nasales", o "las teclas de la K y de la J se apretarán con las orejas". Análogamente, hoy los biólogos se preguntan: "dado que el cerebro es como es y funciona como funciona: ¿qué tipo de visión del mundo podrá engendrar?" o, puesto en otra forma: "¿cómo será la física que puede desarrollar un organismo con un cerebro así?" o "¿por qué entiende la realidad en términos de tiempo y espacio?" Por ejemplo, sabiendo que los olmecas tenían ojos y oídos, podríamos llegar a preguntarnos si acaso meditaron sobre la luz y los sonidos. En cambio sería descabellado suponer que los olmecas, a pesar de tener ojos y oídos, no captaban la luz ni el sonido y, por el contrario, preguntarnos si su mitología habrá tenido en cuenta a los muones y los agujeros negros.

Es en ese sentido que hoy la biología se pregunta por qué y cómo surgieron ciertas formas de organización social (familias, matriarcados, poligamia), por qué se plasmaron ciertas reglas éticas (parricidio, castidad, machismo), por qué se producen ciertas desviaciones de las reglas aceptadas (prostitución, genocidios), por qué se gestó tal o cual mito. En la medida en que la biología amplía y profundiza la comprensión de la vida, trata de entender hasta qué punto influyen las características biológicas sobre nuestras culturas.

Por supuesto, esto hace aparecer inmediatamente pandillas enteras de exagerados. Basta que alguien aprenda tres conceptos de marxismo para que intente explicar todo lo que ocurre con base en la lucha de clases, o que se entere de que existen los genes para que trate de interpretar todo fenómeno cultural con base en la dotación genética y declare que hay razas superiores. Tras el descubrimiento de las bacterias en nuestro aparato digestivo, hubo médicos que preconizaron la extirpación de porciones del intestino grueso. Ni bien se descubrió que el cerebro tiene centros y núcleos dedicados a tal o cual función, aparecieron frenólogos que hablaban de "el criminal nato", "el loco moral". Por alguna razón, las concepciones mentales siempre han tenido una enorme influencia sobre la conducta humana y han llevado a excesos. Un eclipse, un cometa o una erupción desce-rrajaba turbas de flagelantes, oleadas de suicidios y pogroms.

Pues bien, en ese contexto, la biología entiende al ser humano como producto de una evolución, y se niega a aceptar *a priori* un límite en el que ésta se detenga, para dar lugar a una immaculada culturización. La biología entiende que la cultura tiene poderosas acotaciones biológicas, y que el ser humano usa cuchillos, anteojos, muletas y marcapasos para compensar esa biología que a veces falla. Es en este sentido, que la biología está penetrando en los modelos de las demás disciplinas, y hoy se está biologizando la cultura. Como digo en mi artículo, los filósofos se están quejando de que los biólogos tendemos a presentar al ser humano como una marioneta de la evolución.

Sorpresas agradables

Celebro muy sinceramente que alguien haya criticado y comparado algo que yo he escrito, porque siempre lamenté que, a pesar de su nivel de excelencia, la comunidad del Cinvestav rarísima vez se traba en discusiones académicas que excedan el ámbito de una disciplina específica: las sinapsis gabaérgicas, la quiralidad, los hongos alucinógenos. Permítanme dar ejemplos propios y ajenos de lo que quiero decir. (1) Cuando me establecí en México, hace más de 23 años, advertí que mis alumnos daban por sentado que los organismos biológicos estamos en equilibrio. Entonces expliqué que la visión de la realidad basada en el

equilibrio había caducado allá por el siglo XVIII (les hablé de Platón, Aristóteles, Lineo) y que el siglo XIX ya fue el "Siglo de la Dinámica" (les mencioné los enfoques de Hegel, Darwin, Marx, Clausius, Bernard, Freud). Como no logré hacerme entender, expliqué el punto en la forma más sencilla que pude en el libro *Orden, equilibrio y desequilibrio*³. A pesar de que el Cinvestav tiene cientos de profesores recibí el comentario de sólo dos, los doctores Jorge Cerbón y Octavio Ruiz. Ningún alumno lo leyó pues, como me explicaron: "Es que los cuates que tu nombras, para nosotros son calles de Polanco". (2) En otras oportunidades escribí sobre los sistemas complejos, la falta de ciencia en los países del tercer mundo, el imperio del principio de autoridad, la vida, el tiempo, la muerte, las mujeres, el SNI, la evaluación de la investigación⁴. Jamás desperté una interlocución. (3) En el país se suscitaron debates periodísticos sobre el aborto, la enseñanza religiosa, el uso del condón, aparecieron opiniones del Banco Mundial acerca de cómo deberíamos manejar nuestras universidades y otros aspectos sobre los que nuestra comunidad debiera haber aportado una voz experta y fundamentada para orientar a nuestros paisanos. No las hubo. (4) Cierta vez, propuse que *Avance y Perspectiva* imitara a *Nature* y *Science*, invitando comentarios a favor o en contra sobre disposiciones oficiales que conciernen a la ciencia (leyes, presupuestos, nuevos funcionarios, planes)⁵. Silencio. (5) Para despertar el interés de alumnos y profesores en temas de ciencia en general, al Dr. Alberto Darszon y a mí se nos ocurrió hacer mensualmente una reunión para que nuestros profesores presentaran oral y resumidamente los artículos del número más reciente de *Scientific American*, proyectando en diapositivos las mismas ilustraciones de esa revista. Además de que entre los diversos especialistas nos mantuviéramos al día en la ciencia como cultura, queríamos provocar una actividad interdisciplinaria: no detectamos mayor interés y no concretamos nada.

No sé: a veces llegué a temer que estemos demasiado ocupados en la publicación de artículos para revistas internacionales indexadas; otras veces sospeché que si bien estamos formando a nuestros alumnos (que después se convierten en profesores) como investigadores, acaso no les estamos dando una visión de la realidad que sea compatible con el desarrollo de la ciencia, y hasta escribí un par de libros⁶. He observado que incluso cuando comentamos aspectos de política científica en

un pasillo, nos referimos preponderantemente a las personas que opinan y a sus probable móviles, y no a la cosa en sí. He llegado a detectar cierto temor a que la expresión de opiniones convierta al Cinvestav en una Caja de Pandora y nos metamos en camisas de once varas. Por el contrario, creo que es *la falta* de hábito de opinar, y sobre todo de escuchar, lo que de pronto lleva a estallidos de bronca como los que ocurren en otras instituciones, donde en realidad no se discute nada, sino que a lo sumo se dan topetazos de monólogos no-negociables.

Alegrías y esperanzas

Otras veces, en mi afán por vencer la inercia —si es que la situación que planteo tuviera algo que ver con la inercia— llegué a publicar artículos francamente escandalosos, acusando al Departamento de Matemáticas de usar indebidamente la estadística, al de Fisiología de instalar cámaras de televisión en los baños, confesar que yo mismo he publicado datos científicos ajenos⁶, en fin... De hecho hubo gente que los creyó y hasta se indignó, pero nadie escribió jamás una línea.

Por eso, al encontrar que en el artículo¹ sobre el libro de Freeman J. Dyson se contrastan sus planteos con las opiniones de un artículo mío, me puse contento. Y me alegré más aún, porque ese artículo me llegó con una hojita amarilla adherida, en la que se expresaba el deseo de que yo respondiera. ¡Por fin! Reacciono con todo gusto. Ojalá que ese artículo, y la presente contestación, inaugure un debate con altura, entendiendo por "altura" la sincera discusión de opiniones y no necesariamente nuestra personalidad ni la de nuestras mamás.

Suelo afirmar, aquí y en el extranjero, que el Cinvestav es uno de los lugares de trabajo mejores del mundo. Por supuesto que mi afirmación sólo vale para ciertas disciplinas, pues si yo necesitara un observatorio espacial como el Hubble, atendido desde tierra por super-computadoras, nuestro Centro no me lo podría brindar. Pero sucede que mi campo es una interdisciplina entre la fisiología, la biología celular, la biología molecular y la bioquímica, que depende de una enorme libertad para escoger el enfoque, la metodología, los colaboradores. Basta que uno publique en revistas y libros de jerarquía internacional y sea citado, nuestro Centro (y el CONACyT)



permiten modificar y redireccionar los proyectos a voluntad. Hay muchos países que tolerarían esa libertad, pero no te apoyarían económicamente, y países que te apoyan económicamente con más solvencia, pero que si te apartas del proyecto presentado con cinco años de anticipación, seguramente perderías el donativo, parte de tu sueldo y el de tus colaboradores. En cambio, la conjunción apoyo/libertad es *rara avis* en nuestro planeta y, por suerte, se logra en el Cinvestav. Y si me dilato en

estas explicaciones, es porque quiero enfatizar que nuestra comunidad está capacitada para dar ese salto cualitativo de la investigación (habilidad para obtener datos originales publicables) a la ciencia (interpretación abarcativa, no parcelada, de la realidad, que se abstiene de invocar milagros, dogmas, revelaciones, Principio de Autoridad, etc.). ¿Qué tal si, a manera de objetivo para el tercer milenio, nos propusiéramos dar ese paso? Se trataría de un proyecto que no comenzaría con una erogación de fondos, porque las "herramientas" principales e imprescindibles ya las tenemos: cerebro, voluntad y entusiasmo.



Notas

1. M.A. Pérez Angón, *Avance y Perspectiva* **19**, 60 (2000).
2. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* **18**, 379 (1999).
3. M. Cereijido, *Orden, equilibrio y desequilibrio* (Nueva Imagen, 1978).
4. M. Cereijido, *Ciencia sin seso, locura doble* (Siglo XXI, 1977); *Porqué no tenemos ciencia* (Siglo XXI, 1998).
5. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* **15**, 43 (1996).
6. M. Cereijido, *Avance y Perspectiva* **11**, 322 (1992); **12**, 249, 307, 374 (1993).



Huacalxochitl.

Trepiteton Teamoxtli.



XXI International Congress of History of Science

8-14 July, 2001
Mexico City Mexico

An g i n a

General Theme
Science and Cultural Diversity

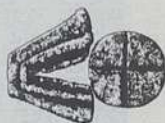


Figure of an eclipse,
circa 500 a.C.
Xochicalco, Mexico

International Union of History and Philosophy of Science
Division of History of Science

Further Information:
XXI International Congress of History of Science
Avenida Dr. Vértiz 724,
05020 México City Mexico

P.O. Box 21-873,
04000 Mexico City
MEXICO

Fax: (525) 519 98 10
e-mail: xxichs@servidor.unam.mx
Congress Web site: www.snhct.org

Internet, la bomba y la física del siglo XX

Guillermo Contreras Nuño

Modus operandi

Con motivo de la llegada del nuevo milenio, *Avance y Perspectiva* (AyP) decidió publicar una serie de artículos que presentan panoramas de las diversas ramas del quehacer científico, desde el punto de vista muy personal de los autores¹. Quisiera en este artículo complementar el escrito por M.A. Pérez Angón donde desarrolla sus impresiones de la física en los últimos cien años². Un aspecto que no tocó, y que para mí es muy interesante, es la influencia que ha tenido la física tanto en la sociedad en general como en la forma de hacer ciencia en particular.

Durante este tiempo la física ha cambiado su *modus operandi*. En las primeras décadas de 1900 los proyectos científicos involucraban a un investigador líder y a su alrededor un conjunto pequeño de estudiantes, técnicos y si acaso algún colega. Conforme transcurrían los años fue necesario involucrar más gente, más instituciones, más recursos. Los experimentos han ido creciendo en forma impresionante superando barreras políticas, religiosas y de toda índole. Esta tendencia ha superado ya las fronteras de la física fundamental –donde, por poner un ejemplo, el reciente descubrimiento del quark top se atribuye a alrededor de 1000 científicos³– y ha trascendido a otras disciplinas, baste mencionar como muestra, el proyecto para descodificar el genoma humano.

Estos proyectos multinacionales han ejercido, en general, una influencia en la sociedad que va mucho más

El Dr. Guillermo Contreras Nuño es investigador titular del Departamento de Física Aplicada de la Unidad Mérida del Cinvestav. Dirección electrónica: jgcn@moni.cieamer.conacyt.mx.

allá del puro impacto científico y se han convertido en motores sociológicos, económicos y morales del mundo contemporáneo. En este sentido hay dos temas que, a mi parecer, se destacan sobre los demás: la bomba atómica e Internet.

Proyecto Manhattan

Empezemos la primera parte del tema con el fallecimiento instantáneo de aproximadamente 200,000 seres humanos y la sentencia de muerte a cientos de miles más en los años subsiguientes (1945). Poco antes, el primer gran proyecto de lo que hoy se llamaría *big science* reunió a gran parte de los mejores físicos de la época, sin importar su nacionalidad, con el fin de crear la bomba atómica. Nótese que la mayoría de los científicos involucrados en el proyecto Manhattan no eran antes, ni fueron después de la guerra, parte de la infraestructura militar, ni de su país de origen, ni de él de su adopción. Eran investigadores como cualquier otro, que de pronto tuvieron en sus manos el poder y el deseo de construir el arma más devastadora que el mundo había visto. El conflicto moral que enfrentaron fue enorme y ha influido en gran medida sobre la dirección sociológica de la historia. No sólo en el hecho de quién ganó la guerra. Más bien me refiero a esa sombra que se cernió sobre la humanidad: el poder para destruir todo, absolutamente todo, estaba (aún está) al alcance de la mano. Ya no era una pesadilla o una fantasía, sino una realidad. Más aterrador aún: la voluntad de utilizarlo había sido demostrada de manera brutal.

Esta sombra está presente en la literatura, la pintura, el cine y demás manifestaciones artísticas. Más importante todavía, estuvo presente en toda la generación de la guerra fría, que rigió sus vidas por el temor a repetir la experiencia de la bomba, cada vez más refinada, más poderosa, más cercana. Repito, quienes abrieron esta caja de Pandora, el motor de la bomba, no eran fanáticos militaristas que habían abogado desde siempre por el uso de la fuerza. Todo lo contrario, eran personas normales. Normales, pero en época de guerra. Algunos de ellos exiliados, otros fugitivos. La mayoría con miedo.

Somos parte de un gremio manchado por la muerte y cuando pienso en la segunda bomba me dan ganas de decir que por el asesinato. Somos parte de una



sociedad igualmente manchada. Estamos bajo el estigma de saber que no existe una barrera infranqueable para el uso de este poder. Que bajo ciertas circunstancias, como gremio y como sociedad, estaríamos dispuestos a volver a usarlo. La responsabilidad y obligación moral adquirida con la explosión de la bomba y sus efectos a largo plazo dieron un nuevo panorama a la relación del ser humano con él mismo y con el medio ambiente⁴.

La red

El segundo tema a tratar es más alegre y de un futuro más brillante. De hecho se podría decir que es nuestro pasaporte al siglo XXI. Estoy hablando naturalmente de la *World Wide Web* (www). Aquí también la física está involucrada en su creación, y otra vez no como un fin en sí mismo, sino como una herramienta para alcanzar otras metas. En este caso, facilitar la comunicación entre investigadores de diferentes naciones.

La cuna de la www fue el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) ¿Se pueden imaginar un mundo sin PC ni Macs, sin Unix ni Windows, sin Netscape? o dicho de otro modo, ¿se pueden imaginar el mundo hace 10 o 15 años?

Los experimentos en física de altas energías alcanzaron una complejidad tan alta que ya no fue posible desarrollarlos en una institución. Fue necesario formar colaboraciones nacionales primero y más adelante internacionales. No sólo eso, los requerimientos de los

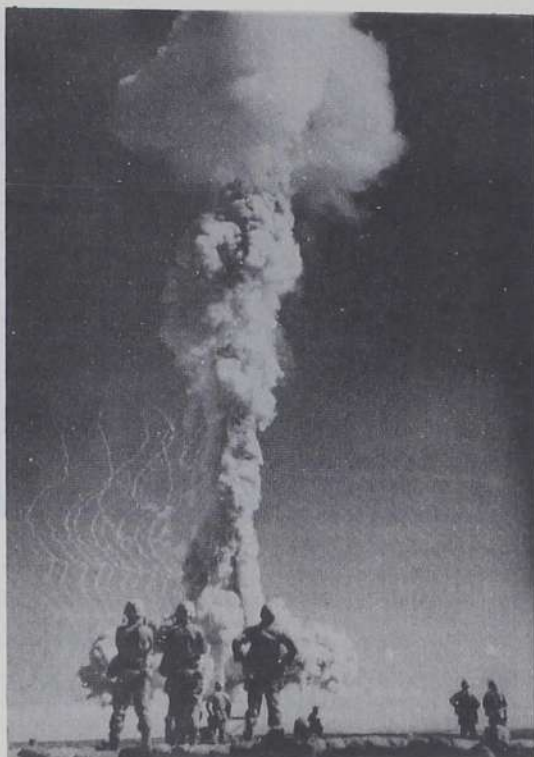
experimentos mismos siempre han estado un paso más allá de la tecnología en materia de comunicaciones y procesamiento de datos, tanto en la velocidad del procesamiento como en el volumen de los datos mismos. Esta área se ha convertido en un campo de prueba de nuevas tecnologías, métodos e ideas. En esta atmósfera se propagó el uso de la Internet y nació la WWW.

A mediados de los años 70 la cantidad de *hardware* y protocolos en uso era frustrante. Las redes eran incompatibles, así como el formato de los discos y de sus archivos, había esquemas de codificación de caracteres para todos los gustos (¡y disgustos!). Cada productor tenía su propio protocolo de comunicación y transferencia de datos y en ocasiones más de uno. No sólo eso, todos estos protocolos eran privados y nadie tenía interés en estándares internacionales. Alguien trabajando en el CERN en esa época tenía que saber las convenciones en boga en Francia, Alemania, Inglaterra, Estados Unidos, La transmisión de una gráfica de un país a otro a través de las computadoras lindaba entre obra de arte y milagro.

Durante los primeros años de los ochenta se empezó a hablar en el CERN de protocolos de Internet y al mismo tiempo Ethernet hace su aparición en este laboratorio europeo de física de partículas elementales. Es en ese entonces que se crea la división DD (Data-handling Division) con el fin de unificar la red del CERN e instaurar estándares internacionales de comunicaciones y apegarse a ellos. Es también en este tiempo que el CERN surge como un líder en el campo de *e-mail* y *news-groups*.

Un paso gigantesco en la unificación real de criterios se dio en el 85 cuando una de las grandes colaboraciones experimentales del CERN, LEP, decide usar los protocolos TCP/IP. Esto, conjugado con la decisión de escoger a UNIX como sistema operativo significó un impulso definitivo a la Internet. Finalmente en 1989 el CERN abrió sus primeras conexiones externas, pavimentando el camino hacia el futuro. Ahora sólo hacía falta transitarlo y es entonces que aparece Tim Berners-Lee con su WWW.

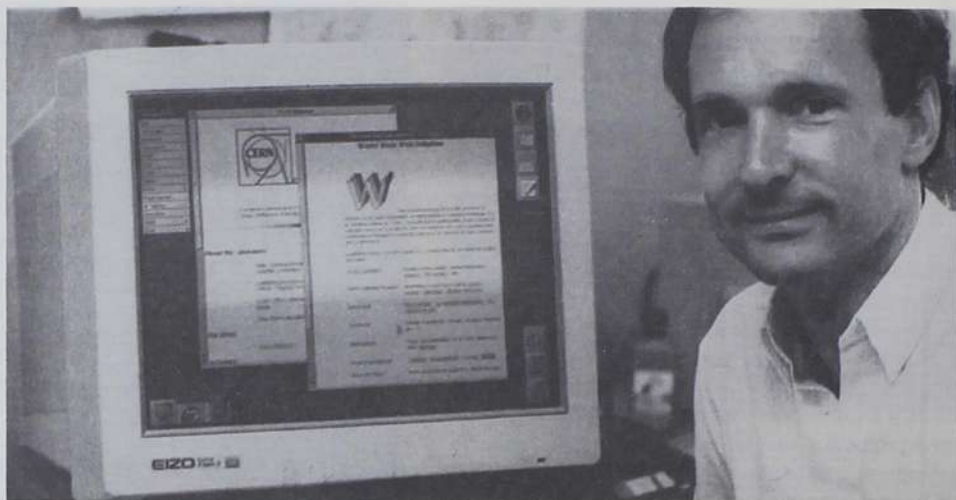
La intención primaria de su programa fue crear una herramienta a través de la cual los investigadores y sus máquinas dentro de una colaboración pudieran intercambiar información en forma transparente, sin necesi-



dad de ser expertos en computación y comunicaciones. Desde el principio se reconoció la imposibilidad de convencer a la comunidad de usar un sólo tipo de sistema operativo o algún lenguaje particular. Además, teniendo la experiencia de lo rápido que cambia el mundo de la informática, la WWW fue dotada desde su inicio con suficiente flexibilidad para incorporar todo tipo de plataformas de trabajo.

La aventura WWW

La aventura WWW arrancó en 1990, apenas hace diez años. No obstante, ¡qué cambios se han dado en este tiempo! Para mediados del 91 el primer prototipo de *browser* se instaló en diferentes plataformas y a fin de año la idea cruzó el Atlántico rumbo al Stanford Linear Accelerator Center (SLAC). Para junio del 92, DESY (Hamburgo) y Fermilab (Chicago) además de otros institutos, instalaron servidores de WWW.



Tim Berners-Lee y su página en la Web.

En ese tiempo yo estaba realizando en el CERN una estancia de verano. En retrospectiva es impresionante con qué naturalidad se aceptó la WWW. El momento era tan propicio que nadie dudó en “convertirse”, nadie tuvo problemas para identificarse con esta red, mucho menos problemas para empezar a usarla. Uno podría argumentar que esto se debió a las necesidades reales y al tipo de preparación de los primeros usuarios, siendo la mayoría de ellos físicos.

Sin embargo, he presenciado esta aceptación automática de la WWW una y otra vez en muchos ámbitos de nuestra sociedad. Desde la reacción de nuestros padres o nuestros hijos, hasta la de todos aquellos que conocemos que hacen contacto por primera vez con la WWW; todo parece indicar que la sociedad en su totalidad estaba sedienta, sin saberlo, por este tipo de herramienta que tanto ha contribuido, a escasos diez años de su concepción, a la globalización real de nuestro mundo. Pero sigamos con la historia.

Fue en julio de 1992 que la WWW se empezó a distribuir a través de CERNLIB. Estas bibliotecas son un conjunto de programas elaborados en el CERN y que se encuentran a disposición, sin costo alguno, a personas que estén interesadas en su uso sin fines comerciales. Este primer paso de liberar la tecnología fue seguido en

abril de 1993 con la declaración del director del CERN, de que la tecnología de la WWW sería accesible a todo el mundo y que nadie tendría que pagar cuotas al CERN por su uso. Desde mi punto de vista, éste es uno de los momentos claves del siglo XX y, sobre todo, del que está comenzando.

En febrero de ese año Mosaic había hecho su aparición en su primera versión alfa. En ese otoño llegué a trabajar a DESY. Habían transcurrido solamente seis meses desde su primera aparición y ya era impensable una vida sin Mosaic, cuyos autores producirían poco después el hoy ubicuo Netscape. Para diciembre del mismo año, incluso *The New York Times* y *The Economist* habían publicado análisis sobre la WWW. Mientras tanto, a mediados del 94 la carga del servidor de la red en el CERN se había multiplicado en un factor de mil con respecto a la de tres años antes. Esto es realmente una explosión en el número de usuarios y esta tendencia continúa aún hoy en día.

Finalmente, en diciembre de ese mismo año se llegó al fin de una era. Las restricciones presupuestales ocasionadas por la aprobación del gran acelerador hadrónico (LHC por sus siglas en inglés) precipitaron la decisión de no continuar con el desarrollo de la WWW en el CERN. Para estas fechas, la WWW estaba tan

consolidada en varios puntos del mundo que esta noticia no afectó su crecimiento⁵.

Actualmente la WWW forma una parte determinante de nuestras vidas. Su misión de crear un espacio para el intercambio de información científica se ha expandido considerablemente y con ello han crecido las repercusiones sociales de su existencia y crecimiento. Por ejemplo, es de gran actualidad la discusión de cómo proteger la integridad moral de nuestros hijos (y de la sociedad en su conjunto) cuando escenas de violencia, pornografía infantil, grupos extremistas tanto de derecha como de izquierda y muchas cosas más se encuentran al alcance de un simple click. Sin olvidar, a la vez, qué tan fácil es caer en extremos de censura y el coartamiento de la libertad de expresión.

En el aspecto comercial cada vez se usa más la WWW para transferencias de bienes y servicios. Esto requiere de la existencia de protocolos de seguridad y de una planeación muy cuidadosa, para evitar que estos protocolos mismos, tan necesarios, no maten la flexibilidad y libertad que dan vida a la WWW.

Las posibilidades de la WWW para el futuro son inmensas. Como muestra están la serie de artículos que la revista *Scientific American* le ha dedicado al tema durante el año pasado. Y si bien, así como en el caso de la bomba atómica, la WWW no es un producto exclusivo de la física, nosotros como gremio hemos tenido mucho que ver tanto en su nacimiento como en su difusión, y

me complace pensar que al final del siglo XXI cuando AyP publique otra visión del devenir científico de los últimos 100 años, la bomba será cosa del pasado, mientras que la WWW y sus descendientes seguirán siendo heraldos del futuro.



Notas

1. *Avance y Perspectiva* **18**, septiembre-octubre y noviembre-diciembre 1999.
2. M.A. Pérez Angón, *Avance y Perspectiva* **18**, 275 (1999).
3. G. Herrera, *Avance y Perspectiva* **13**, 195 (1994).
4. Véase por ejemplo, K. Selden, *The Atomic Bomb: Voices from Hiroshima and Nagasaki* (Sharpe, 1997).
5. T. Berners-Lee, *Weaving the Web* (Harper Collins, 1999).



Maestría en Ciencias Especialidad en Materiales

Unidad Querétaro
Cinvestav

Objetivos

El egresado será capaz de manejar los conceptos fundamentales de la Ciencia de Materiales, utilizando técnicas de caracterización y desarrollar técnicas de procesamiento de materiales en la solución de problemas científicos y tecnológicos. El estudiante adquirirá las bases teóricas y prácticas necesarias para continuar con estudios de Doctorado, ya sea en el campo de materiales o en áreas afines.

Líneas de investigación

- ➡ Materiales optoelectrónicos
 - ➡ Materiales compuestos
 - ➡ Materiales biológicos
 - ➡ Recubrimientos de materiales
 - ➡ Técnicas de caracterización de materiales

Mayor información:

Cinvestav-IPN
Unidad Querétaro
Laboratorio de Investigación en Materiales
Coordinación Académica
cieauaq@ciateq.mx
Internet:
<http://www.cinvestav.mx/queretaro/>

Apdo. Postal 1-798,
Arteaga 5, Centro
76001 Querétaro, Qro.

Temporalmente:

Centro Universitario
Cerro de las Campanas S/N
Facultad de Química
76010 Querétaro, Qro.
Tel: (42) 15 68 75 y 16 70 12,
16 32 42 Ext. 173
Tel. y Fax: (42) 15 68 66

Jesús González Hernández, Premio Nacional de Ciencias y Artes 1999

El Dr. Jesús González Hernández, investigador titular y director de la Unidad Querétaro del Cinvestav, recibió el Premio Nacional de Ciencias y Artes 1999 en el área de tecnología y diseño. El Dr. González Hernández, físico egresado de la Escuela Superior de Física y Matemáticas del IPN (1974), obtuvo su grado de maestría en ciencias en el Departamento de Física del Cinvestav (1976) y el grado de doctor en ciencias en la especialidad de Física del Estado Sólido en la Universidad Estatal de Campinas en Sao Paulo, Brasil (1980). El Dr. González Hernández se ha destacado en nuestro medio por su actividad poliédrica: sus aportaciones científicas y tecnológicas han tenido un amplio reconocimiento internacional; sus incursiones en el desarrollo de nuevos procesos tecnológicos han combinado el rigor de la investigación básica con la sensibilidad para aplicarlos a la solución de problemas con incidencia en el ámbito nacional; su visión para generar nuevos investigadores ha culminado en la integración de un nuevo grupo de investigación que se ubica en la Unidad Querétaro del Cinvestav, con una amplia vocación hacia la investigación tecnológica y un éxito importante en la vinculación con el sector industrial tanto nacional como extranjero; además como miembro del Consejo Editorial de *Avance y Perspectiva* ha demostrado su interés en la comprensión pública de la ciencia.



Jesús González Hernández, Premio Nacional de Ciencias y Artes 1999

Aportaciones científicas. El impacto internacional de su trabajo de investigación en ciencia aplicada puede apreciarse en más de 130 artículos en revistas científicas de prestigio internacional, la mayoría de ellas publicadas en revistas del más alto impacto internacional. Sin duda que una medida de la calidad de su trabajo científico es el número de citas a sus trabajos, las cuales son más de 1000 y más de cincuenta en libros o artículos de revisión. El Dr. González ha trabajado intensamente en la investigación básica y tecnológica de materiales con estructura amorfa, principalmente para su aplicación a sistemas fotovoltaicos y para grabación óptica. En particular, sus contribuciones en el estudio de las propiedades físicas de los materiales amorfos con base en silicio, germanio, carbono y las aleaciones de

Ge:Sb:Te han sido reconocidas por la comunidad científica internacional. En este campo cuenta con más de 30 publicaciones científicas y es coautor de varias patentes sobre las tecnologías desarrolladas. Entre sus contribuciones más importantes en esta área se encuentra haber propuesto el mecanismo de conducción eléctrica que actualmente es aceptado en materiales carbonosos con estructura gráfica. En su artículo "Critical Volume Fraction of Crystallinity for Conductivity Percolation in Phosphorus-Doped a-Si:H Alloys", propone el mecanismo de conducción eléctrica en materiales con dos fases, amorfa/cristal y la aplicación de estos materiales como contactos eléctricos en celdas solares; actualmente este tipo de contactos son utilizados en plantas productoras de estos dispositivos. Su tra-

bajo realizado en los años 1987-89, sobre propiedades físicas de películas delgadas de carbono amorfo hidrogenado, en el Departamento de Física del Cinvestav, en colaboración con su estudiante de doctorado Arturo Reyes Mena, tuvo trascendencia internacional con la publicación de varios artículos y capítulos en libros. Otra contribución importante es haber propuesto un método cuantitativo para establecer el grado de desorden en la estructura de materiales amorfos; los resultados sobre estos estudios fueron registrados en dos artículos publicados en 1985 con un número de citas mayor a 100.

Desarrollo de procesos tecnológicos. El Dr. González es co-autor de ocho patentes nacionales (dos con título) y diez en los EUA. Las primeras patentes están relacionadas con el método de preparación de materiales aplicables a dispositivos solares y en nuevos elementos ópticos para el manejo de haces de rayos-X. Las más recientes están asociadas a nuevos procesos de nixtamalización de maíz para la producción de tortilla, cuya fase de comercialización se encuentra en proceso de desarrollo. Otras también recientes describen procesos para preparar recubrimientos cerámicos de diversos tipos. En su laboratorio se han sintetizado varias estructuras ópticas para su aplicación como espejos de rayos-X. En estas estructuras se alternan nanocapas de dos materiales amorfos con índices de refracción diferentes. Sus investigaciones para lograr la aceptación, tanto del principio de operación, como de su viabilidad tecnológica, aparecieron en varias publicaciones entre los años 1987-1992 donde se presentan detalles de las técnicas utilizadas para su preparación, así como los resultados de la caracterización de sus propiedades físicas y de la estabilidad de su estructura. En los últimos años el Dr. González ha dedicado una buena parte de su tiempo a la preparación y estudio de las propiedades de materiales de interés nacional. Entre estos destaca el estudio realizado en el área de nixtamalización de maíz para la producción de tortilla. En 1992 conjuntó un grupo de investigadores con especialidades en diversas áreas del conocimiento con el fin de estudiar los mecanismos básicos del proceso de nixta-

malización de maíz para la producción de tortilla. El resultado de sus investigaciones ha sido reconocido a nivel internacional y más de 15 artículos científicos han sido publicados en las revistas de mayor reconocimiento en el mundo. Por primera vez los procesos moleculares que ocurren durante el proceso termo-alcálico utilizado para producir el nixtamal han sido entendidos y difundidos mediante publicaciones en revistas de prestigio internacional. Como resultado de los estudios realizados, su grupo ha desarrollado un nuevo proceso para la nixtamalización de maíz que, en comparación con el proceso tradicional, tiene importantes ventajas ecológicas, económicas y nutricionales. La titularidad de la propiedad intelectual ha sido protegida por varias patentes internacionales. Este trabajo ha sido reconocido mundialmente por prestigias revistas y cadenas de televisión. La revista *Science* catalogó el proyecto como uno de los de mayor importancia en América Latina; la revista *National Geographic*, en su número de septiembre de 1995, publicó el artículo "Science Seeks for a Better Tortilla"; la BBC de Londres, en su programa *Tomorrow's World*, un prestigiado programa de divulgación científica en toda Europa, transmitió el reportaje "Searching for the Perfect Tortilla". Actualmente, el Dr. González y su grupo de colaboradores en esta área han desarrollado varias metodologías para introducir diversos tipos de nutrientes en la tortilla. Estos desarrollos son de interés para varios grupos y asociaciones de tortilleros de la república. En años recientes ha desarrollado la línea de investigación sobre recubrimientos cerámicos aplicables a materiales metálicos, cerámicos y poliméricos. En su grupo se han desarrollado nuevos tipos de recubrimientos para fines decorativos, de dureza y anticorrosivos. Por ejemplo, ha desarrollado un recubrimiento cerámico con propiedades anticorrosivas y antioxidantes que se está aplicando en los talleres de los artesanos en Santa Clara del Cobre, Michoacán, con la colaboración de autoridades municipales y el SECATI 166 en Santa Clara. Este recubrimiento garantiza que la apariencia deseada para la pieza de cobre se conserve por más de 50 años.

Formación de recursos humanos. El Dr. González ha dirigido seis tesis de doctorado y varias de maestría y licenciatura. Sin lugar a dudas, su principal aportación en la formación de recursos humanos se ha plasmado en la reciente creación de la Unidad Querétaro del Cinvestav, con un grupo de 18 investigadores con doctorado y la apertura de su programa de posgrado en Ciencia e Ingeniería de Materiales, el cual está incluido en el Padrón de Excelencia del Conacyt.

Trece investigadores del Cinvestav ingresaron a la Academia Mexicana de Ciencias

La Academia Mexicana de Ciencias (AMC) aceptó en 1999 como miembros regulares a trece investigadores del Cinvestav. Como requisitos de ingreso, la AMC establece que los miembros regulares, además de estar activos como investigadores, deben haber demostrado independencia científica y tener capacidad para formar nuevos investigadores. Actualmente la AMC tiene alrededor de 1200 miembros regulares. Los investigadores del Cinvestav que ingresaron en esta ocasión a la AMC son:

- Eduardo Aranda Bricaire, *Ingeniería Eléctrica*
- Pedro Castro Borges, *Física Aplicada*
- Héctor Hugo García Campeán, *Física*
- Virendra Gupta, *Física Aplicada*
- Valeri Ya. Konototovitch Mazo, *Ingeniería Eléctrica*
- Andrés Iván Oliva Arias, *Física Aplicada*
- Edgar Nelson Sánchez Camperos, *Unidad Guadalajara*
- José Castro Muñozledo, *Biología Celular*
- Miguel Ángel Gómez Lim, *Ingeniería de Plantas*
- Vinicio Granados Soto, *Farmacología y Toxicología*
- Fidel de la Cruz Hernández Hernández, *Patología Experimental*
- Arturo Ortega Soto, *Genética y Biología Molecular*
- Rafael Francisco Rivera Bustamante, *Ingeniería de Plantas*

Notas Breves

En la ceremonia conmemorativa del Día del Químico, efectuada el pasado 1 de diciembre en el Club de Industriales de la Ciudad de México, fue entregado el Premio Mario Molina 1999 al Dr. **Pedro Joseph-Nathan**, investigador emérito del Departamento de Química del Cinvestav. Este premio científico lo otorgó la Unión Química por su labor científica acumulada. La Unión Química está constituida por el Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y Químicos (CONIQQ), el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos (IMIQ) y la Sociedad Química de México (SQM).

Cuatro egresados del Cinvestav fueron distinguidos recientemente con el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 1999 que patrocinó la Industria Mexicana de Coca-Cola y el CONACYT: **Dr. Luis Alberto Bello Pérez** (categoría estudiantil, egresado del Departamento de Biotecnología de Plantas, Irapuato); **Dra. Nora Lilia Vasco Méndez** (categoría profesional en ciencia de alimentos, egresada del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería); **Dr. Benjamín Ramírez Wong** y **Dr. Cuauhtémoc Reyes Moreno** (categoría profesional de tecnología de alimentos, egresados, respectivamente, del Departamento de Biotecnología y Bioingeniería y del Departamento de Biotecnología de Plantas).

Corrección: en el número noviembre-diciembre de 1999 de *Avance y Perspectiva*, pág.

439, se hizo una transposición en los títulos de las tesis doctorales distinguidas con el Premio Arturo Rosenbluth 1998. La información correcta es la siguiente: en ciencias exactas, se premió la tesis "Preparación de los ácidos (2R, 3S), (2S, 3R), (2R, 3R) y (2S, 3S)-2, 3-expo-2-metilbutánicos y análisis estereoquímico de sus esteres en productos naturales" presentada por el Dr. **Jesús Martín Torres Valencia** y dirigida por el Dr. **Pedro Joseph Nathan** (Química); en el área de ciencias biológicas y de la salud se premió la tesis "Control de la fluidez membranaral de *Escherichia coli* durante la respuesta al estrés calórico", presentada por el Dr. **Ricardo Mejía** y dirigida por la Dra. **Marta Susana Fernández** (Bioquímica).

Enseñanza de las ciencias en la primaria mexicana

Luis A. Orozco

El principal insumo de México es el talento y no se le está cuidando. El país tiene problemas y ha estado pagando el alto costo de las soluciones pero éstas no funcionan. Es particularmente alarmante la situación de la enseñanza de las ciencias en las escuelas primarias, pues ahí es donde se siembran las inquietudes para avanzar en la formación de las capacidades de análisis y síntesis cuantitativas. Hoy por hoy no se está enseñando ciencia en las primarias en México. En la medida en que la educación deje de lado a la ciencia, la capacidad de decisión y de respuesta ante los problemas futuros será cada vez más débil y repercutirá más en la calidad de vida de los mexicanos.

Objetivo

En este trabajo se presenta una mirada rápida a la situación de la enseñanza de las ciencias en las escuelas primarias en México a mediados de 1999. He tratado de asomarme a esta parte de la educación formal pues sigue siendo a la que la mayoría de los mexicanos puede tener acceso. No he tratado de formular un diagnóstico especializado, sino de anotar algunas de mis observaciones para motivar a otras personas versadas en la educación en México a abordar sistemáticamente el problema.

Soy físico dedicado a la investigación y a la enseñanza en el Departamento de Física y Astronomía de la Universidad del Estado de Nueva York en Stony Brook. Pasé

El Dr. Luis A. Orozco es profesor asociado del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad del Estado de Nueva York en Stony Brook. Dirección electrónica: Luis.Orozco@sunysb.edu



tres meses en México en la primavera de 1999 durante los cuales visité escuelas primarias públicas y privadas en los estados de Jalisco y Nuevo León. Obtuve los programas oficiales y los libros de texto de ciencias naturales para la primaria. Los estudié con cuidado y los examiné con maestros y padres de familia en Jalisco, Morelos, Nuevo León y el Distrito Federal. Pude también platicar con investigadores de la educación en México y miembros de las secretarías de educación de los estados de Jalisco y Nuevo León. Charlé con niños y niñas de primaria tratando de rastrear si les interesan las ciencias naturales, o si bien a sus maestros les interesan estas ciencias. También platiqué con maestros, directores, inspectores y padres de familia sobre este problema. No fueron entrevistas formales pero siempre registré por escrito las opiniones vertidas. Este artículo es más una primera vista y cualquier error es mi responsabilidad, no de los entrevistados. Este trabajo dista mucho de ser académico, no tiene citas a la multitud de trabajos que existen al respecto, muchos de ellos son obra de los investigadores con quienes platiqué y dejo al lector de

esta nota el trabajo de rastrearlos. Repito: es una mirada rápida y superficial pero lo más honesta posible de la situación.

Situación nacional (brevísimos diagnóstico)

Los trabajos de Tirado y Rodríguez¹ documentan desde hace varios años lo alarmantemente bajos que son los logros del aprovechamiento escolar en el nivel básico del sistema educativo nacional. Ellos se preguntaron si la situación era particular de México o era un problema no sólo nacional. Su conclusión es alarmante pues los niños mexicanos están muy por debajo del desempeño en geografía básica al compararlos con niños de otros nueve países.

Me preocupa en especial que de 100 niños que comienzan la primaria solo 11 llegarán a la universidad. Mientras esos 100 niños muestran la heterogeneidad de ingresos del país los 11 sobrevivientes están cargados a

las personas con más recursos. No hay un sistema nacional de evaluación (*assessment*) de la educación que pueda servir para rendir cuentas y para comparar los avances y retrocesos conforme pasa el tiempo.

Contexto político y económico

Dadas las limitaciones presentes, tanto de presupuesto económico como de carácter político, a partir de 1985 comienza un grupo alrededor de Carlos Muñoz Izquierdo y José Angel Pescador a presionar por mejorar la primaria. Se busca fijar el porcentaje del PIB dedicado a educación básica y tratar de aprovecharlo lo mejor posible. Se plantea la pregunta de cuál es el significado de una educación básica. Con la llegada de Zedillo a la SEP en enero de 1992, Gilberto Guevara Niebla, su subsecretario, le plantea las reformas que se han venido preparando en el interior de la SEP y Zedillo le da luz verde. Se llega al acuerdo 200, el cual es a nivel nacional, está en la ley y dice que los alumnos de primaria no podrán pasar de grado si no han aprobado las asignaturas de matemáticas y español. No es suficiente tener un promedio de más de seis. Esto fija en los maestros, directores, inspectores y padres de familia un objetivo: los alumnos deben saber leer y contar. La decisión no es sencilla, pero sí es importante pues marca prioridades nacionales que van a afectar al país durante muchos años. La instrumentación del acuerdo 200 va más allá de las boletas de calificaciones. Los planes de estudio, libros de texto y materiales auxiliares se concentran en las áreas de matemáticas y español. Algunas acciones recientes de la Secretaría de Educación Pública, como el lanzamiento el 30 de agosto de 1999 del año de la lectura, afianzan la vía dual de las matemáticas y el español como ejes de la educación básica en México. Es difícil no estar de acuerdo en que dados los recursos limitados asignados a la educación básica, ésta se enfoque a dichas materias. No se trata aquí de hacer una crítica a los pocos recursos dedicados a la educación comparados con el porcentaje dedicado a las quiebras de la banca, más bien se trata de hacer ver que esta decisión ha debilitado y debilitará aún más al país en el campo de la ciencia y la tecnología. En el fondo es necesario incrementar los recursos dedicados a la educación. Esa es una necesidad que el país debe cubrir para incrementar el insumo más valioso que tiene, el talento de las futuras generaciones, pero no existe por el

momento la decisión política de hacerlo. El resultado combinado de la escasez de recursos destinados a la educación en México y el establecimiento de prioridades respecto a saber leer y contar, han dado como resultado que no se está enseñando ciencia en las primarias mexicanas. Ambas medidas son perjudiciales tanto por separado como juntas.

Los niños

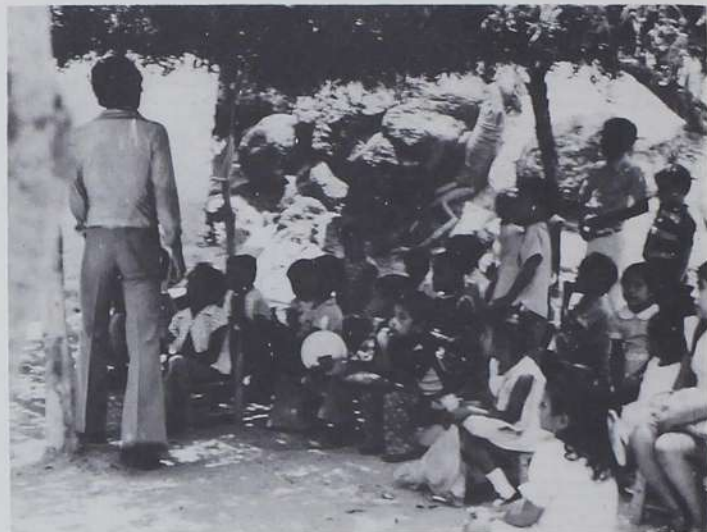
A los niños sí les gustan las ciencias naturales, les divierten y les inquietan. Despiertan a la observación detallada de la naturaleza y se frustran al recibir respuestas incompletas o incorrectas de sus maestros. En particular, a todos les gustan los experimentos que a veces no distinguen de un juego.

Los maestros

Los maestros están cargados de trabajo y mal pagados. No se preparan mucho, su capacidad para interesar a los alumnos en un tópico depende de su cultura general en esa área y ésta tiende a ser baja, con poquitas referencias científicas. Existen esfuerzos para aumentar los ingresos con la "carrera magisterial" que está vinculada a la preparación de los maestros. Muchos maestros están tomando cursos de maestría, con lo cual se va creando un vínculo antes inexistente entre las universidades y las escuelas primarias, que se debe aprovechar. La inercia de los maestros a los cambios de programa y de enfoque es muy grande. A lo mejor, con los nuevos maestros sí se logra un cambio en la enseñanza no sólo de las ciencias naturales, sino de todas las demás materias del programa de primaria. Con las presiones del acuerdo 200, por lo general, los maestros han reducido a dos horas por semana las clases de ciencias naturales, una de actividades y una de clase magisterial.

Programas de educación

La introducción a los programas de primaria de la Secretaría de Educación Pública deja clara la intención de apoyar al español y a las matemáticas. Sin embargo, el primer objetivo de los programas busca que los



alumnos logren "actuar con eficacia e iniciativa en las cuestiones prácticas de la vida cotidiana" y esto requiere conocimiento de las ciencias naturales. La enseñanza de las ciencias naturales comienza en el tercer año de primaria y se le asignan tres horas semanales. La formulación de los programas de ciencias naturales por ejes debilita la enseñanza al tratar de sintetizar desde los primeros tiempos. Los programas necesitan ser mucho más sistemáticos para dar un buen sustrato al alumno. Los cursos deben ser específicos y los alumnos deben comprenderlos desde el inicio. En los programas pasados no se veía el conjunto. Ahora estudian el conjunto pero no ven nada con suficiente profundidad. Si se lograran cubrir los programas sería muy buena la educación primaria, pero lamentablemente no es así.

Libros de texto

Los libros de texto están técnicamente muy bien hechos. El tema central de los libros es la salud. Los libros se apegan a los nuevos programas y se han ido modificando en los años recientes. De hecho, el libro de sexto de primaria en la edición correspondiente a los programas de 1994 apareció recientemente. La estructura general de los libros de texto de tercero a sexto de primaria, es similar. Divididos en unidades dedicadas a temas más o menos específicos alrededor de la salud, la última

unidad está diseñada a manera de síntesis de todo el material presentado en el libro. Creo que ni los alumnos ni los maestros aprovechan esa unidad. Es la última y no hay tiempo para cubrirla en su totalidad y adecuadamente. Puede incluso dar una idea equivocada de lo que es la ciencia y su método reduccionista. La mayor parte de los científicos no tenemos la visión de conjunto que los libros de texto están tratando de inducir en los alumnos; lo que nosotros tenemos es una visión cuantitativa de una porción de la naturaleza. En cuanto a las otras unidades, los contenidos son muy generales y con poca profundidad. Esta idea globalizadora y sintetizadora de la ciencia aparece, por ejemplo, en la introducción al libro de texto de cuarto de primaria cuando dice que: "se pone énfasis en el fomento de una cultura de la prevención, tanto para que aprenda a cuidar su salud como a proteger el ambiente y hacer uso racional de los recursos". La idea da la impresión falsa de que las ciencias naturales están directamente en posición de ser aplicables siempre. Valdría la pena comenzar desde tercero de primaria a especificar más algunos contenidos con un propósito de mostrar claramente la ciencia, su valor intrínseco y la importancia de su método. Me gustaron muchos de los experimentos presentados en la sección "Manos a la obra" que aparecen a lo largo de todas las unidades. Los materiales y la preparación necesarias son sencillos pudiéndose realizar en casa y en muchas escuelas, lo cual ayudaría

a complementar la parte magisterial de las clases, inyectando un elemento casi de juego en el aprendizaje. Los libros de texto no oficiales, como es la serie 2000 de Editorial Santillana, me parecieron de calidad inferior a los libros de texto gratuitos. No digo que los libros de texto gratuitos estén exentos de errores y problemas, pero creo que hay un esfuerzo serio por hacerlos consistentes. Si en las escuelas primarias se cubriera la mitad de lo que en ellos se trata ya sería un avance muy bueno. En algunos de los comités de selección de los libros de texto se declararon desiertos los concursos y se comisionó a una subdirección de la SEP a desarrollarlos alargando el periodo para hacerlos llegar a los estudiantes. Existen problemas serios de distribución de los libros de texto gratuitos, pues se han estado rehaciendo los de ciencias naturales de acuerdo a los nuevos programas.

Otros materiales y esfuerzos

Se han ido desarrollando en el país multitud de materiales de apoyo a la enseñanza de las ciencias. Los canales de televisión de la SEP, emitidos por satélite, presentan muchas horas de programas sobre ciencia, una buena cantidad de ellos complementarios a los programas de primaria. La Academia Mexicana de Ciencias ha producido recientemente programas para el Canal 22 presentando a hombres y mujeres científicos en su trabajo. Además de los programas de televisión, también existen sitios en la WEB, materiales didácticos preparados por la SEP, programas de computadora para la enseñanza de las ciencias y otros materiales auxiliares, pero algunos maestros se quejaron de la deficiente distribución de dichos materiales. La simple existencia de un inventario, y su difusión entre los maestros de primaria, sería un avance. En general creo que los materiales son muy buenos, ahora lo que falta es desarrollar la demanda y coordinar mejor la oferta para lograr un mejor balance en la enseñanza de las ciencias en las primarias.

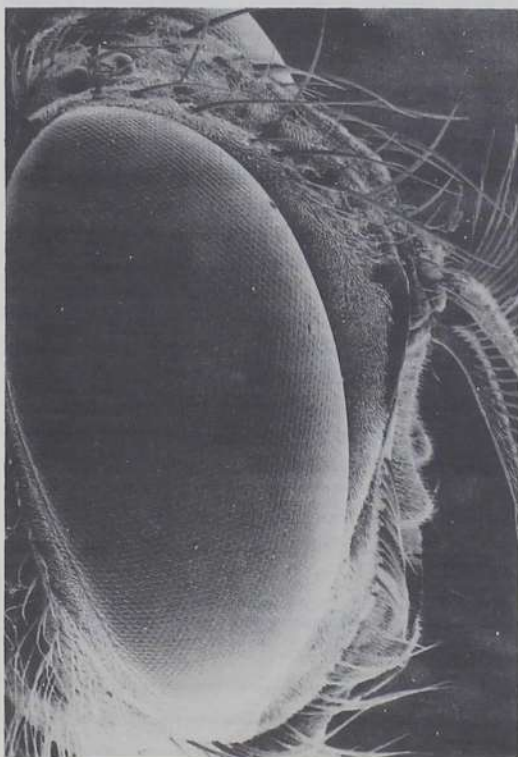
Conclusión preliminar

No se enseña ciencia en las escuelas primarias mexicanas. Es necesario desarrollar una investigación cuidadosa y sistemática del tema. Dado que la capacidad del

maestro para interesar a sus alumnos depende de la cultura general de éste, valdría la pena un esfuerzo sistemático para elevar la cultura científica de los maestros con lo que el resultado podría ser muy significativo.

Recomendación a los padres de familia

La constante más común que observé al hacer este trabajo fue que los niños y niñas que reciben apoyo de sus padres desarrollan mucho mejores habilidades en ciencias naturales que los que no lo tienen, independientemente de la escuela y los maestros que tengan. Es muy importante que los padres estén al pendiente y literalmente acompañen en sus estudios a sus hijos en cuarto, quinto y sexto de primaria. La recomendación es sobre todo pragmática, pues ni las escuelas públicas ni las privadas están preparando a sus hijos para el mundo científico y tecnológico donde les va a tocar vivir y tomar decisiones.



Agradecimientos. La Fundación Guggenheim me otorgó durante 1998-1999 una beca de apoyo concurrente con el sabático de mis obligaciones académicas en Stony Brook. El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente en Guadalajara sirvió de base para multitud de contactos facilitados sobre todo por Carlos E. Orozco y Francisco Núñez. Mi hermana Guadalupe Orozco de Natera con su interés, paciencia y dedicación a este trabajo fue quien más me ayudó a platicar con niños y maestros y a revisar los programas de estudio y los libros de texto. Entre las personas entrevistadas de las que aprendí mucho y a quienes agradezco su tiempo y su esfuerzo están Pablo Latapí de la UNAM, Juan Prawda del Banco Mundial, Alberto Minakata de IDEO, Luis Gómez del ITESO, Lori Rolston de Montgomery County, Pilar García del Instituto de Ciencias, Irasema Durán del PACAEP de Nuevo León, Juan Antonio González Aréchiga de la UMNE, Mauricio Fortes del Instituto de Física de la UNAM y Guadalupe Ramírez del Internado Gómez Farías. Con toda seguridad he dejado de mencionar a muchos otros, mis disculpas y sobre todo mi agradecimiento.



Nota

1. A. Tirado, L. Rodríguez, *Ciencia y Desarrollo* Vol. XXV, Núm. 144, p. 37 (1999).

Coherencia y educación en ciencias

**Marjorie G. Bardeen
y Leon M. Lederman**

Una secuencia absurda

Existe un amplio consenso sobre los estándares nacionales para la ciencia y las matemáticas. El proyecto *2061 Benchmarks* de la American Association for the Advancement of Science (AAAS)¹ y los Estándares Nacionales de Educación Nacional (NSES)², documentos publicados en 1996 por el National Research Council de los EUA, establecieron lo que los graduados de bachillerato necesitan saber, entender y poder hacer. Estos documentos describen un sistema educativo en el cual todos los estudiantes pueden alcanzar un nivel razonable de conocimiento en ciencias, matemáticas y tecnología.

En un mundo de tecnología en explosión basada en la ciencia, nuestros ciudadanos necesitarán tener un dominio del conocimiento científico mejor que el que tienen ahora. Desde que en el documento de 1983, *A Nation at Risk (Una nación en peligro)*³, se cuestionó la calidad de la educación en ciencias en los Estados Unidos, cientos de estudios, paneles, comités y análisis de pruebas internacionales han confirmado los profundos problemas sistemáticos que enfrenta nuestro sistema educativo. La más reciente confirmación de la existencia de estos problemas fue el bajo resultado alcanzado por estudiantes del doceavo grado en el Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencia (Third International Mathematics and Science Study, TIMSS).

Las escuelas donde se estudia el bachillerato (hay alrededor de 15,000 en todo Estados Unidos) varían en

La M. en C. Marjorie G. Bardeen es directora de la Fermilab Education Office. Dirección electrónica: mbardeen@fnal.gov; el Dr. Leon M. Lederman es director emérito de Fermilab y Premio Nobel en Física 1989. Dirección electrónica: lederman@fnal.gov. La versión original de este artículo fue publicado en *Science* **281**, 178 (1998). Se reproduce con autorización de los autores. Traducción de Gloria Novoa de Vitagliano.

relación a cuántas matemáticas y cuántos cursos en ciencias requieren para graduarse. En efecto, sólo la mitad de los estudiantes de este nivel realizan 2 años de estudios en ciencias y menos de una cuarta parte de ellos cursan 3 años de ciencias. Para satisfacer los requerimientos de *NSES* o *Benchmark* se requiere un mínimo de 3 años de estudios de ciencias. Es alentador el hecho de que hay un movimiento que está creciendo lentamente a través del país, que insiste en que se tengan estudios de por lo menos 3 años en ciencias y 3 años en matemáticas.

Insistimos en que estamos a muy buen tiempo para construir una secuencia integrada y coherente de 3 años de estudios en ciencias combinados en forma adecuada con 3 años de matemáticas. El propósito es edificar el conocimiento de la ciencia con el uso concomitante de las matemáticas, de acuerdo a la naturaleza jerárquica de la ciencia, tal como se fue desarrollando a lo largo del siglo pasado. En el presente, los estudiantes cursan primero biología, después química, y cerca del 25% de los sobrevivientes continúan hacia la física. Los temas se tratan en forma completamente independiente y sin relación entre sí, para ser aprendidos (y olvidados) en la secuencia en que fueron cursados. Esto sucede a pesar de las voces elocuentes en la literatura educativa⁴ que han llamado en vano la atención sobre lo absurdo de dicha secuencia.

Por ejemplo, el notable educador físico Uri Haber-Schaim⁴ seleccionó dos pruebas de biología en escuelas secundarias populares e hizo indagaciones sobre algunos temas que se trataron sin haber sido claramente explicados, pero que sí fueron considerados como prerrequisitos. En una muy larga lista, entre otros, se incluían los siguientes términos: ácidos, energía de activación, pH, bases, catálisis, enlaces químicos, reacciones químicas, conservación de la energía, vida media, fotosíntesis y espectros de absorción. La conclusión, después de leer la lista completa, es que la química es realmente un prerrequisito para la biología. El autor continuó estudiando libros de química popular para encontrar prerrequisitos de física en química, y enumera los siguientes: desintegración nuclear, tamaño atómico, radiación electromagnética, espín del electrón, transiciones de nivel de energía, números cuánticos orbitales, campo eléctrico, radiactividad, etc. (tabla 1).

Tabla I
Química moderna - Holt. Ejemplos de prerrequisitos de física para entender química. Los números corresponden a las páginas del libro de Holt⁴.

Desintegración artificial nuclear	632
Espectrógrafo de masas Aston	66
Número de Avogadro	69
Tamaño atómico	535
Atracción dipolar	207
Ley de la conservación de los átomos	162
Conservación de los electrones	498
Ley de la conservación de la energía	12
Radiación electromagnética	76
Espín del electrón	80
Espectros de emisión	543
Transición de niveles de energía	102
Fisión	643
Hibridización	125
Energía de ionización	101
Hidrógeno, isótopo	64
Energía mecánica	11
Neutrón	63
Número cuántico orbital	79
Presión parcial	217
Energía potencial	11
Energía de radiación	217
Radiactividad	629



Una secuencia coherente

Un grupo de científicos y educadores en ciencia⁵ hemos organizado una alianza informal para iniciar el diseño de una secuencia coherente que llamamos Ciencias I, Ciencias II, Ciencias III, como un núcleo curricular que incluya en forma paralela el inglés, las matemáticas y las ciencias sociales. Existe una gran variedad de propuestas en la literatura educativa que podrían satisfacer la demanda de coherencia e integración. Sólo presentaremos aquí lo que surgió en un taller celebrado recientemente en Chicago⁶.

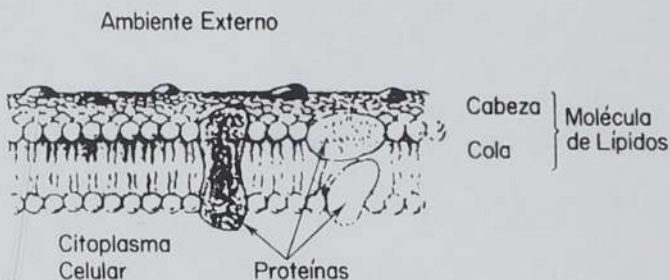
En nuestra propuesta, Ciencias I está enfocado a la física, enseñada ésta conceptualmente, pero con suficientes matemáticas como para poder usar el álgebra aprendida en los grados octavo y noveno. El uso del álgebra en problemas prácticos no solamente proporciona destreza, sino que también estimula el entusiasmo al hacer que se pueda exclamar: "Hey, esta cosa es útil". El currículum en este caso empezará con el gran mundo de la física que está mas cercano a los estudiantes. Se

basará en preguntas y respuestas y hará énfasis a la manera de *Benchmark*: "menos es mejor", en tópicos de física que tengan la mayor relevancia en química, biología y ciencias de la tierra. Este enfoque, sin embargo, no debe descuidar la integridad y la coherencia de la física como una disciplina. Un reto a los currícula detallados que pueden surgir es mezclar los conceptos que se entrecruzan y conectan las disciplinas con los conceptos que respetan y extienden dichas disciplinas. Se pone énfasis en temas comunes, tales como transformaciones de energía, desde vibraciones eléctricas y mecánicas hasta atómicas, moleculares y nucleares; del simple péndulo hasta la espectroscopia de microondas; del movimiento circular, de órbitas atómicas a discos voladores y trayectorias planetarias.

Acto seguido, los estudiantes pasan a Ciencias II (enfocada a la química) con un buen conocimiento de la estructura y las propiedades de los átomos y con experiencia en aplicaciones tales como la teoría cinética de los gases. Nuevamente, la secuencia química va a hacer necesario el uso de matemáticas de alto nivel,

La Membrana Celular

La membrana celular está formada por dos capas de moléculas de lípidos que forman un "sandwich" flexible llamado una bicapa lipídica (Fig. 4.10). Cada molécula de lípido tiene una región principal (cabeza) eléctricamente cargada (polar) y una cola no cargada (no polar). Las cabezas polares a ambos lados de la membrana están en contacto con medios acuosos: el fluido fuera de las células y el citoplasma acuoso dentro de la célula. Ambos medios, tal como sucede en las cabezas de las moléculas, están cargados eléctricamente. Las proteínas contenidas dentro de la bicapa desarrollan diversas actividades en la membrana. Por ejemplo, algunas actúan como puentes o como bombas para mover sustancias dentro y fuera de la célula.



La membrana celular es una bicapa lipídica con proteínas contenidas dentro de ella o en su superficie.

Figura 1. ¿Qué debe venir primero? Figura de un libro de texto introductorio de biología* que ilustra cómo el conocimiento de la química de interacciones polares y no polares es necesario para entender las membranas biológicas.

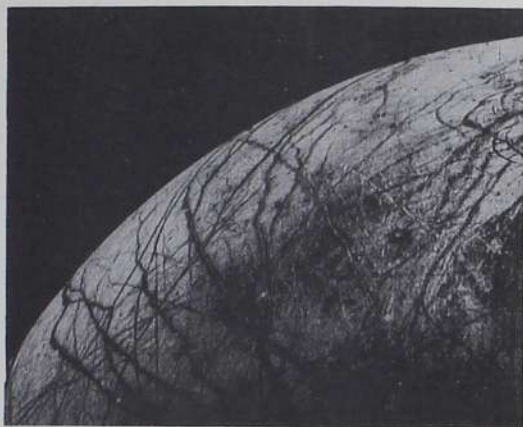
tales como la solución de ecuaciones con varias incógnitas o el uso de calculadoras gráficas. Los estudiantes usarán el contenido de Ciencias I en un ciclo de aprendizaje en espiral en el cual el estudio de los tópicos no se repetirá tanto como se hizo previamente. En Ciencias II se va a hacer a un lado el estudio de los átomos para empezar a revisar sujetos de mayores dimensiones: materiales y sus clasificaciones y propiedades, cambio químico, ciclos y reacciones. Sin embargo, la formación de los compuestos podría estar relacionada cualitativamente con la formación de las moléculas y las uniones químicas. La explicación cualitativa de la tabla periódica de elementos en términos de electrones iría más allá del estándar propuesto, pero su inclusión en el currículum puede ser una gran tentación.

Ciencias III, enfocada a la biología, recibiría entonces estudiantes que tuvieran una amplia base de cono-

cimientos en las interacciones atómicas y moleculares. Pongamos el ejemplo de muchas moléculas de polímeros. ¿Qué hace la diferencia entre un polímero y otro? ¿Cómo son usados estos componentes fundamentales en varias combinaciones para llegar a la diversidad de la vida? La apreciación de principios simples de la física y la química permite a los estudiantes entender el modo natural por medio del cual surge la complejidad (figura 1). Este entendimiento facilitará las discusiones sobre el ADN, en el que la estructura compleja, tridimensional, con varios mecanismos de ligaduras, está relacionada en forma crítica con su función genética.

El proceso de la ciencia

La secuencia de tres años va a proporcionar el tiempo necesario para examinar al mismo tiempo el proceso de la ciencia. Ejemplos de esto pueden incluir (i) la natu-



raleza de la teoría: ¿cómo conocemos?; (ii) ¿cómo aprendemos?; (iii) ¿en qué cosa podemos confiar y qué es tentativo?; (iv) falsos caminos en ciencias; (v) el papel crucial del escepticismo y la predicción, la estimación y la probabilidad; (vi) cómo ha cambiado el papel de la tecnología. En el presente, la tecnología se entrelaza con la ciencia moderna, y esas conexiones son un importante tema de estudio en el proceso de la ciencia.

La secuencia de tres años proporcionará también alguna experiencia sobre los problemas interdisciplinarios del mundo real. Los tópicos sobre las ciencias de la tierra y del espacio pueden servir como un lazo temático que use la física, la química y la biología. Por ejemplo, la química de la alta atmósfera, la solubilidad del océano, la fotosíntesis. La rotación de la tierra, la gravedad, fuentes de energía interna y externa - todo ello contribuye al conocimiento de las fuerzas que dan forma al planeta.

Nuestra meta, después de todo, es preparar estudiantes para todos los posibles futuros, armándolos con el modo científico de pensar. Un currículo de este tipo producirá estudiantes aptos para incidir en ciencias avanzadas, para un cuarto curso en ciencias de la tierra o del espacio, para cursos de transición escuela-trabajo o para las carreras universitarias. El prospecto de la secuencia de ciencias en el bachillerato debería estimular a la administración escolar a crear un proceso continuo K-12 de educación en ciencias.

Sabemos de aproximadamente dos docenas de escuelas en el país que han estado enseñando ciencias

en el orden correcto con un entusiasmo uniforme. Las experiencias en algunas de ellas apuntan hacia la nueva objetividad que tal secuencia implica. La presentación lógica de los conceptos de ciencias guía a los estudiantes que no tienen el soporte adecuado en matemáticas y ciencias, lo que habitualmente produce buenos estudiantes en ciencias. Se incluyen en estos grupos a muchachas, minorías y estudiantes en precaria situación económica.

La reforma que estamos sugiriendo va a requerir recursos substanciales y un nuevo desarrollo continuo ético y profesional. Visualizamos el uso de nuevos materiales de enseñanza, nuevos laboratorios, atractiva tecnología educativa y nueva preparación de los profesores; pero más dramáticamente, dar tiempo a los profesores para comprometerse en la práctica de enseñar y aprender. El nuevo currículo suaviza y hace permeables las divisiones tradicionales disciplinarias y ello requiere que el profesor de física sepa más química y biología. Estas grandes demandas no deben llegar de sorpresa. Si el país quiere tener estándares altos, debe proporcionar los recursos necesarios para capacitar a todos los estudiantes para alcanzarlos.

Debemos enfatizar que pueden existir otros cambios, incluyendo la posibilidad de iniciar antes la secuencia completa, tal vez hacia el séptimo grado y extenderla durante un período de seis años. La sugerencia de la administración de Clinton de que a todos los estudiantes se les debe dar la opción de dos años más de escolaridad abre otras posibilidades. Hay cierto interés en construir curricula interdisciplinarios, basados en el estudio y la resolución de problemas. En nuestra opinión, el factor fundamental es la conectividad lógica de sentido común de las ciencias elementales básicas, lo que O. Wilson⁷ llama: *consilience*; la estructura jerárquica esencial de la ciencia que permite a los profesores guiar a los estudiantes a descubrir y (esperemos que) a admirarse del maravilloso tapiz del mundo que los hilos disciplinarios pueden tejer.

Un modo científico de pensar

Al proponer este modelo de integración coherente de las ciencias estamos perfectamente conscientes de las dificultades que existen para que tengan una amplia

aceptación. En esta guerra sobre la ignorancia, nuestro país no tiene el personal adecuado para establecer una estrategia. Nosotros, en efecto, debemos convencer a 15,000 sistemas escolares de los principios, por lo menos, en los que se basa nuestro modelo. Estos son coherencia, integración, movimiento que va de ideas concretas a conceptos abstractos, consultas, secuencia lógica para asegurar el uso de los conceptos, la conectividad esencial de las disciplinas, y las implicaciones en la sociedad. Estos principios han sido diseñados para asegurar que se instale un modo científico de pensar en todos los graduados de bachillerato.

Existe la meta optimista pero también accesible de que en nuestras escuelas del siglo XXI se enseñen y se aprendan las conexiones que existentes entre todas las áreas del conocimiento. Estas conexiones profundizan nuestro entendimiento de varias disciplinas y se fortalecen unas a otras a través de varios estratos. A gran escala, hablan de la influencia de la historia sobre la ciencia y de la ciencia sobre la historia y la filosofía. Iluminan los mecanismos por medio de los cuales se crea y se aprecia el arte y honran el espíritu humanista en la búsqueda de la humanidad por entender la naturaleza. A pequeña escala, sabemos acerca de la descarga de las neuronas, de las moléculas complejas construidas por átomos que obedecen las leyes de la física y la química, lo que hace que nuestra conciencia humana se inflame con el conocimiento, la alegría y la curiosidad.

Michael Fullan⁸ escribe: "En nuestro camino al siglo XXI... la capacidad de los profesores para tratar con el cambio, aprender de él y ayudar a los estudiantes a aprender acerca de él, será crítica para el desarrollo futuro de las sociedades".



4.- Algunos ejemplos de una bibliografía más amplia: U. Haber-Schaim. *Phys. Teacher* **22**, 330 (1984); K. Reel, *Science Educ.* (1 abril 1995) p. 31; C.R. Nappi, *Phys. Today* (mayo 1990) p. 32; F. R. Myers Jr., *Phys. Teacher* **25**, 270 (1987); J. Palombi, *ibid.* **9**, 39 (1971).

5.- El Proyecto ARISE (*American Renaissance in American Education*) se inició en un taller que se llevó a cabo en 1995 en Napperville, IL. Desde entonces, un comité directivo, formado por Bruce Alberts y Rodger Bybee de la Academia Nacional de Ciencias (National Academy of Sciences), Shirley Malcom de AAAS, Gerald Wheeler de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias, Marjorie Bardeen del Fermilab Education Group, y Leon Lederman del IIT (Pritzker Professor of Science) se reunieron ocasionalmente en Washington, DC, para hacer consultas sobre el avance del proyecto.

6.- Taller ARISE llevado a cabo en el Knickerbocker Hotel, Chicago, IL (18 al 24 de febrero de 1998) y patrocinado por el Departamento de Educación de los EUA. Se puede obtener una copia del documento correspondiente solicitándolo a: Report from D.

Notas

1.- AAAS, *Project 2061. Benchmarks for Science Literacy* (Oxford Univ. Press, Nueva York, 1993).

2.- National Research Council, *National Science Education Standards* (National Academy Press, Washington, 1996).

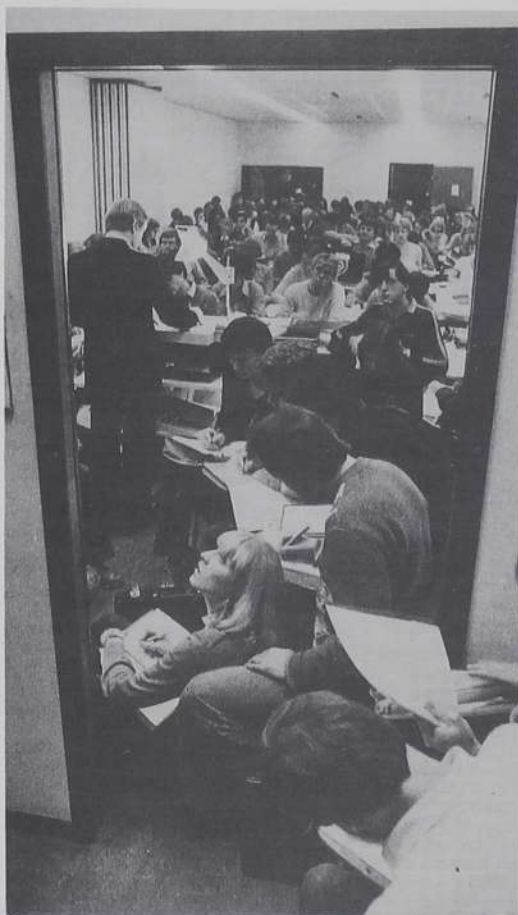
3.- National Commission on Excellence in Education (NCEE), *A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform* (NCEE, Washington, 1983).

Koehnke, Fermilab Education Office, Fermilab MS 226.
P. O. Box 500, Batavia, IL, 60510-0500 (teléfono 630-840-3092).

7.- E- O Wilson, *Consilience: The Unity of Knowledge* (Knopf, Nueva York, 1998).

8.- M. Fullan, *Change Forces: Probing the Depths of Educational Reform* (Farmer Press, Londres, 1993), P. ix.

9.- W. H. Leonard y J. E. Penick, Eds., *Biology: A community Context* (South Western Educational Publishing, Cincinnati, OH, 1998) p. 207.



SILAFAE III

III LATIN AMERICAN SYMPOSIUM ON HIGH ENERGY PHYSICS

Cartagena de Indias, Colombia, April 2-8, 2000

Invited lectures:

- Collider physics
Enrique Fernández, U.A. Barcelona
- String phenomenology
Luis Ibáñez, U.A. Barcelona
- SUSY physics
Gordon Kane, U. Michigan
- CP from SUSY
Antonio Masiero, U. Perugia
- CP Violation
Yosef Nir, Weizmann Inst.
- Machos
Esteban Roulet, U. de Valencia
- Large N. field theory
Jorge Russo, Imperial College
- Neutrino physics
Andrei Smirnov, Inst. for Advanced Study
- Other neutrinos
Joe W.F. Valle, U. Valencia

Las bases neuromorfológicas de la conciencia

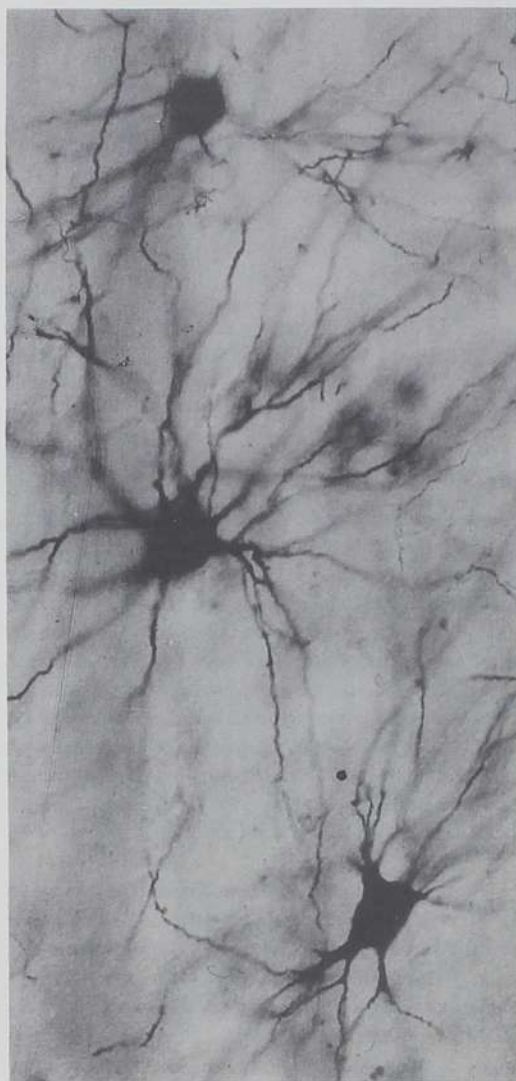
Carlos Chimal

Al igual que ofrecimos un panorama de la genética molecular luego de visitar a algunos de sus creadores en el MRC de Cambridge, Inglaterra¹, y al biólogo molecular, también fundador del campo, el francés François Jacob², a partir de esta entrega haremos un recorrido por diversos laboratorios de París y Londres, en donde platicaremos con destacados investigadores del sistema nervioso, quienes nos ofrecerán las claves más recientes en el estudio de las bases neurológicas de la mente y los procesos conscientes e inconscientes, así como en la continua búsqueda de terapias a las enfermedades neurodegenerativas y lesiones por accidentes.

Nuestra primera parada está al lado de la estación de Austerlitz, en el célebre Hospital de la Salpêtrière de París. Ahí visitamos al profesor Constantino Sotelo, distinguido neuromorfológico, quien ha cumplido 35 años haciendo ciencia, buena parte de ellos en este sitio, y los celebró ayudando a organizar en Zaragoza un coloquio sobre el estudio de la conciencia. "Nadie más alejado del asunto", nos dice en su laboratorio del viejo inmueble, construido durante el reinado de Luis XIV como un refugio para los pobres enfermos de la ciudad, "la conciencia es un tema del que yo no estoy consciente, es decir, a pesar de su importancia mayor, no lo considero como una de las temáticas capitales dentro de mi trabajo. Me parece algo extremadamente complejo y muy difícil, al menos para mí, de llegar a entenderlo".

"Pero entiendo qué han querido de mí", agrega, "que convenza a los mejores neurólogos del mundo, que están

Carlos Chimal, escritor interesado en la comprensión pública de la ciencia, es colaborador de Avance y Perspectiva.



trabajando, como nosotros, en la base real, para que asistan y den su punto de vista". Ciertamente, para entender la necesidad de un sueño o el insano odio por el prójimo, el drama del que le duele el brazo amputado o el de aquella mujer que no puede recordar los colores que acaba de ver, primero hay que entender el largo y extremadamente complejo proceso de formación y maduración del sistema nervioso, la caja negra donde se conjuga nuestro ser. Y se conjuga en presente activo.

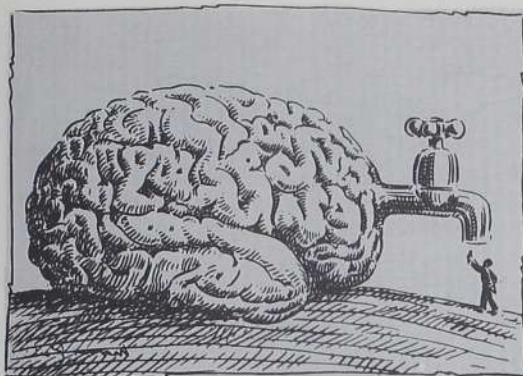
Mecanismos neuronales

Carlos Chimal (CC): El trabajo principal de su laboratorio en los últimos años ha sido el de comprender cómo el sistema nervioso central se construye durante el desarrollo. Además, usted ha visto el cambio de la neuroanatomía, de la neuromorfología tradicional. ¿Podría hablarnos de ello?

Constantino Sotelo (CS): Actualmente nos interesamos en estudiar los mecanismos moleculares que guían a las neuronas para que puedan moverse de las zonas de proliferación a sus territorios definitivos, es decir, cómo se efectúa la guía de la migración neuronal. Pero antes de entrar en detalles, quiero responder a la segunda parte de su pregunta. El abordaje del desarrollo del sistema nervioso está hecho con métodos morfológicos. En realidad no es la neuroanatomía sino la neuromorfología aplicada al estudio de la construcción del cerebro la disciplina en la que nos hemos ocupado durante los últimos veinte años. Hemos vivido una verdadera revolución al otro lado de la calle, sustentada por los avances de la biología molecular. Hasta no hace mucho tiempo, el tipo de estudios que se hacían eran de genotipo, llamémosle así. También eran llamados de embriología experimental. Es decir, se estudiaba la morfología interna del embrión durante las distintas fases del desarrollo y lo que se podía hacer era intervenir en el embrión, provocar lesiones, hacer transplantes y observar cómo cambiaba la organización del sistema nervioso, según el tipo de lesión o de transplante. Entonces se pensó que tal zona o equis región del tubo neural y tal región del cerebro eran importantes para organizar la formación de esta u otra zonas de nuestro sistema nervioso central.

CC: El advenimiento de la microscopía electrónica y la aparición de genes del desarrollo que están involucrados directamente en esta clase de procesos tempranos y decisivos han impulsado de manera insospechada la manera de trabajar y de pensar en la neurobiología, ¿no es así?

CS: En efecto, hemos pasado de una época descriptiva, de una época más o menos morfológica, a una época en la que podemos estudiar mecanismos neuronales. ¿Cuáles son los mecanismos moleculares que están regulando y dirigiendo la formación del cerebro? Para ello es importante saber cómo habrán de espe-



cializarse las células que se dividen a partir del huevo para construir un organismo. Este problema es uno de los más complejos que se plantea el investigador en neurociencias. Como usted sabe, el sistema nervioso está formado por miles de millones de neuronas, conectadas unas con otras de manera extremadamente específica y formando redes neuronales centrales. De la formación de estas redes va a depender todo comportamiento del organismo, todos los problemas de inteligencia, de memoria, aprendizaje, etcétera. El paso de un simple tubo neural, con unos miles o quizá pocos millones de células, a la complejidad enorme del sistema nervioso es precisamente el problema que tenemos que afrontar. Hay que estudiar, asimismo, la proliferación, la división de esas células. Hay que estudiar, sobre todo, cómo ese tubo, que en estado embrionario es prácticamente igual en cualquier vertebrado, incluido el hombre, poco a poco se diferencia según la especie. Fíjese usted que en los sistemas nerviosos más avanzados aparece una serie de ensanchamientos, los cuales se dirigen hacia territorios o dominios muy específicos. Estos van a dar lugar más tarde a la médula espinal, al bulbo, al cerebelo, al córtex, al techo, en suma, a los distintos componentes que forman el cerebro. Es muy importante recordar que la formación de un cerebro es un proceso que pasa por etapas consecutivas y que una etapa no puede comenzar sin que la anterior haya estado acabada. Hay, pues, un orden temporal preciso.

Aparte de estudiar la división celular o proliferación para adquirir cada vez más células, existe otra etapa dedicada a la emigración que también es imperante conocer a fondo. Sabemos que las células tienen que moverse de los sitios donde han sido generadas hasta

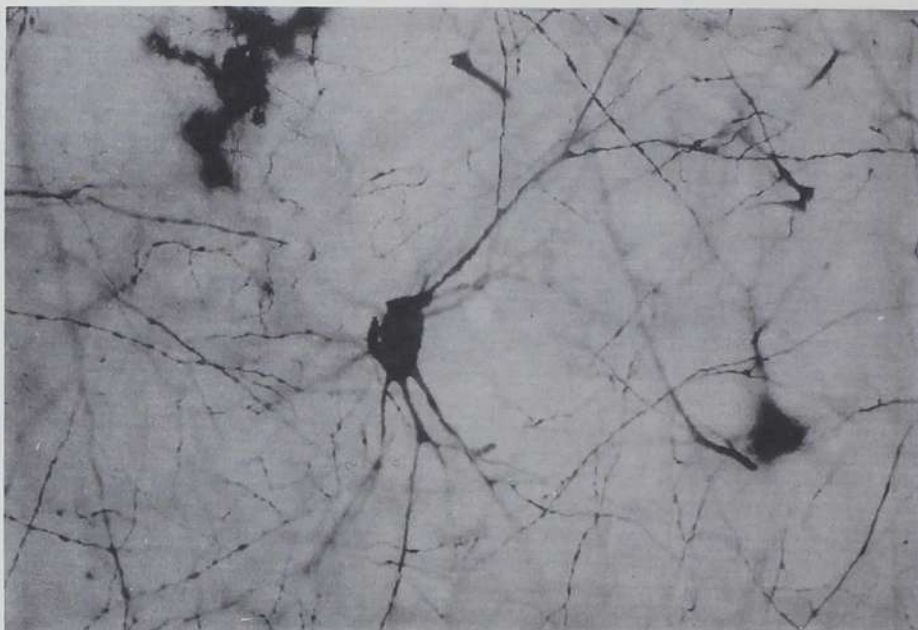
sus localizaciones finales o definitivas en el cerebro maduro. Tal movimiento activo de las células, que llamamos justamente migración neuronal, es una etapa esencial, ya que si las neuronas quedan en situaciones anormales, es decir, ectópicas, no van a poder entrar en las redes nerviosas que son, hasta donde sabemos, la base fisiológica de todos nuestros procesos mentales y de nuestro comportamiento.

CC: ¿Qué pasa entonces?

CS: Una vez que las células están migrando, empiezan a diferenciarse en términos morfológicos. En ese momento tienen un aspecto un tanto aerodinámico y están sujetas a dos procesos: los de tipo dentríptico y uno solo axonal. Es este axón, llamémosle "el elemento noble" de la neurona, el que tiene que navegar dentro del sistema nervioso embrionario al interior de un microentorno complejo, hasta alcanzar un sitio determinado, su localización definitiva. Allí se encuentran las neuronas posinápticas, con las cuales tiene que hacer contacto para establecer las redes. Una vez que esos axones han navegado, pongamos por ejemplo, desde la médula espinal al cerebelo para formar el haz espinocerebeloso, tienen que encontrar sus células diana, que dentro del cerebelo van a ser unas células que aparecen muy tardíamente y se llaman gránulos del cerebelo, cuyo objeto es, precisamente, el de establecer contacto con esas y sólo con esas células, y no con las que están al lado. Una vez que estos contactos se han establecido, hay que refinar toda la red, esta especie de complejo telefónico que es el sistema nervioso central, y de cuya eficacia depende la supervivencia del organismo. Poco a poco, por un proceso de muerte neuronal programada, por un proceso de retracción de colaterales axónicas, las buenas sinapsis persisten, mientras que las sinapsis transitorias, no específicas, desaparecen.

CC: ¿En qué lapso de tiempo sucede esto?

CS: En la vida de un ratón, por ejemplo, puede ir desde el día embrionario nueve y medio, cuando el tubo neuronal ya está bien desarrollado, hasta aproximadamente el día posnatal 60, momento en el que el cerebelo aparece con todas sus capacidades adultas. Pero el periodo crucial acontece en los primeros quince días, entre el día embrionario nueve y medio, nueve días y



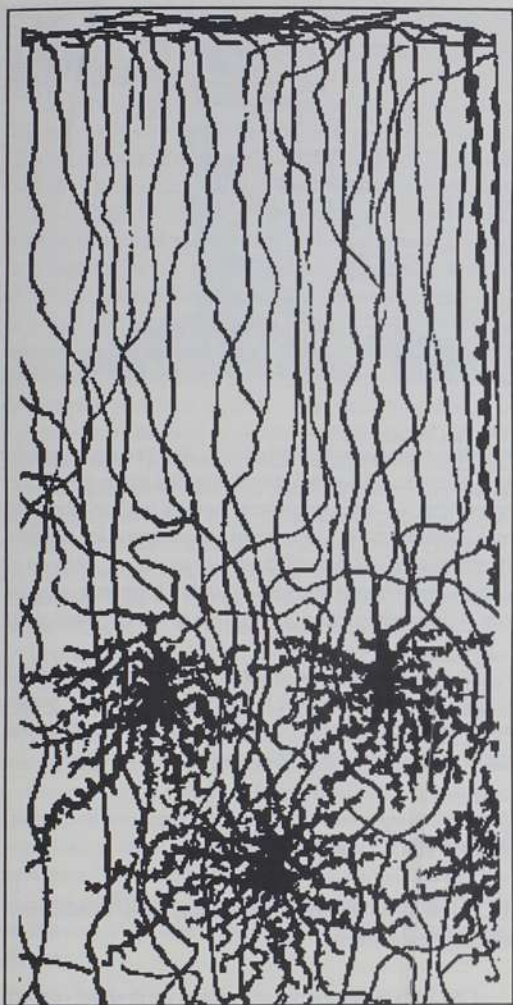
medio después de la concepción, hasta prácticamente el día posnatal catorce. En ese tiempo tenemos la posibilidad de construir todos los circuitos esenciales para el funcionamiento del cerebro.

Muy paralelo a este tema está el hecho de la navegación axonal, porque, como veremos, los mecanismos moleculares son muy próximos. Sabemos que los axones crecen siguiendo una orientación bien determinada. No lo hacen al azar, se desarrollan sabiendo adónde van. Ya Ramón y Cajal, el gran histólogo español estudioso del sistema nervioso, lo supo desde un principio. Si bien sólo podía observar a los axones de manera estática, coloreados con una serie de tinciones argénticas, como el método de Golgi y otros métodos clásicos de finales del siglo XIX, se quedó pensativo ante lo que veían sus ojos: ¿cómo diablos estos axones pueden ir directamente hacia el territorio diana sin equivocarse, sin cometer errores, sin dar vueltas?

CC: ¿Quiere decir usted que Santiago Ramón y Cajal anticipó esta guía neuronal?

CS: En cierta forma. Hay que notar que Cajal estaba influido por las investigaciones de Pasteur sobre micro-

bios, las cuales, aunque orientadas a algo totalmente distinto, macrófagos y esas cosas, lo que Cajal no olvidó fue que cuando una bacteria contaminaba a un organismo, había un sistema de defensa, un sistema de macrófagos que se orientaban y eran atraídos hacia dichas bacterias por un proceso llamado de quimiotaxis. Cajal supuso entonces que un proceso análogo debía de existir en el sistema nervioso central y entre esos motores esenciales que él descubrió y que llamó conos del crecimiento axonal, los cuales tienen las moléculas necesarias para su movimiento y son capaces de avanzar dentro del microentorno del sistema nervioso hasta encontrar las neuronas diana que el axón busca y necesita. Cajal pensó que había una cierta homología entre los filopodios, los amelopodios de estas células que iban a fagocitar bacterias con este cono de crecimiento axonal, el cual crecería para encontrarse con su neurona diana. Cajal lanza la hipótesis del quimiotactismo axonal en 1892, en *La Cellule*, en un trabajo sobre la retina de los vertebrados. Laboró intensamente para mostrar evidencias en favor de sus ideas pero, desgraciadamente, no lo consiguió. A pesar de su importancia, la hipótesis neurotrópica poco a poco desaparece de la historia de esta ciencia porque otros mecanismos empiezan a ocupar la atención de los investigadores, como es el contacto con el sustrato.



Crecimiento axonal

El cono de crecimiento que Cajal describe es esencial cuando hay un sustrato sólido que le permite posarse encima de él, deslizarse y avanzar. Pasó el tiempo y fue precisamente el gran neurobiólogo norteamericano, Ross Harrison, uno de los primeros en poner células nerviosas *in vitro* y encontrar que cuando las células estaban flotando no emitían procesos ni tenían conos de crecimiento y, por tanto, no podían alargar y crecer sus axones, ya que para esto se necesitaba que las células

estuviesen reposadas, es decir, sobre un sustrato y entonces poder desplazarse. Lo que está claro hoy es que existe una variedad de moléculas que van a orientar a ese cono de crecimiento.

CC: ¿Qué tan amplia es esa variedad?

CS: Hoy en día podemos distinguir tres familias de estas moléculas: las netrininas, las semaforinas y otras llamadas *slit*. Antes déjeme decirle que Ross Harrison tenía razón, hace falta que ese cono de crecimiento afronte a una serie de moléculas de adherencia, moléculas a veces permisivas, que le permiten crecer, y a veces no permisivas e incluso repelentes, las cuales lo van a expulsar y a hacer retroceder, inclusive le ocasionarán la pérdida de sus capacidades motiles, lo que llamamos el colapso axonal. Todo esto existe, como Harrison decía, por la existencia de moléculas de contacto; moléculas, como he dicho, de adhesión muscular. Son una especie de pegamento necesario entre dos células para que tengan un mínimo de conexión, de adhesión, y puedan deslizarse una con la otra. También hay moléculas repelentes, como las de la matriz extracelular (del tipo de las tenasinas, los proteoglicanos, etc.). Estas van a impedir que el cono de crecimiento tome ciertas direcciones. Pero lo que ha resultado revolucionario e importantísimo es que se ha conseguido revitalizar el concepto de quimiotropismo de Cajal y que los trabajos llevados a cabo, sobre todo en la Universidad de California en San Francisco por el grupo de Marc De Celavigny, y en Berkeley por el grupo de Corey Goodman, han podido demostrar que existen también moléculas difusibles que crean gradientes y que juegan totalmente el papel que don Santiago Ramón y Cajal intuyó en 1892.

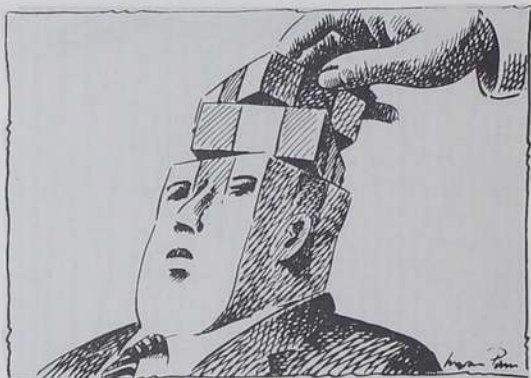
La primera familia de moléculas que se ha clonado, que se han caracterizado, es la de las netrininas. Y aparecieron en 1994, ciento dos años después de que Cajal enunció la hipótesis. Para mí es extraordinariamente interesante ver cómo algo olvidado, algo que parecía pasado de moda, deviene hoy en día una temática central para el estudio de estos problemas del desarrollo que, como veremos, no sólo atañen al crecimiento axonal sino también a la migración neuronal. Y que todas estas familias de moléculas son indispensables para que la migración y crecimiento axonal se hagan de manera adecuada. En mi laboratorio también nos hemos ocupado mucho del estudio y desarrollo del cerebelo. En particular, de lo que podemos llamar el

cerebro anterior, la parte más "interesante", si pensamos que ahí radican los problemas cognitivos, de la memoria, del olfato, del hipocampo, la memoria espacial, el córtex cerebral, la inteligencia. Aunque algunos piensan que esta región es más importante que el equilibrio, que el mantenimiento de la marcha, es muy difícil decir qué es en realidad lo más importante.

Como mencioné antes, hay tres familias de esta clase de moléculas, de las cuales ya he mencionado una, que son las netrinas. Nos quedan la semaforinas y las moléculas *slit*, muy distintas entre sí y que son producidas por lo que podemos llamar regiones blanco intermedias, que van jalando la vía a partir de donde la neurona empieza su migración, es decir, desde donde termina su proliferación hasta llegar a su territorio final. En el caso de las células precerebelosas, se trata de un movimiento celular de tipo circunferencial, justo bajo la membrana pial más periférica de lo que va a ser más tarde el bulbo raquídeo (o el puente, si se trata de los núcleos propios de esa zona).

Bien, esas neuronas van moviéndose, van saliendo del labio rómbico, en donde se han formado para llegar hasta la parte más dorsal, han nacido en la parte más dorsal del tubo y van a tener que llegar a la parte más ventral del tubo. Pero no van en línea recta, la migración de estas neuronas sigue un camino circunferencial a lo largo del borde del bulbo raquídeo. Hemos podido mostrar *in vitro* qué cadenas de neuronas se van a orientar hacia la fuente de producción de netrina, una molécula que, bajo un juego combinatorio de receptores, va a permitir a las neuronas de la oliva inferior, del núcleo reticular lateral, del núcleo pneumatus externo y los núcleos propios del puente, es decir, a todas estas neuronas precerebelosas ser atraídas para llevarlas a su localización final. Aquí tenemos un ejemplo típico de cómo con un sistema relativamente simple, que es el *esplanto* (*spland*) en tres dimensiones con gel de colágeno *in vitro*, se puede estudiar un problema complejo, como es el de la migración neuronal dentro del sistema nervioso central.

Pero lo más interesante es que, en colaboración con otros grupos, hemos conseguido desactivar en ratones el gen que codifica para la netrina por recombinación homóloga, es decir, se ha hecho lo que los ingleses llaman *nocaut*. Este gen ya no existe y no puede codificar proteínas; por lo tanto, no hay netrina. Además, cuando hemos estudiado el genotipo de esta mutación en



nuestras neuronas precerebelosas, siempre suponiendo que la netrina juega un papel esencial en la migración tangencial de estas neuronas, hemos podido observar que la oliva inferior no se forma ni tampoco los núcleos de puente. Y la mayoría de las neuronas mueren en el camino, mientras que otras se quedan formando pequeños grupos ectópicos a lo largo de la vía de migración.

Lo que nos importa mucho para los próximos años es descubrir qué tipo de interacción molecular puede existir entre las familias de moléculas con acción atractante o repulsiva sobre las neuronas inmigrantes.

Memoria espacial

CC: ¿Puede hablamos del hipocampo y su relación con la memoria espacial?

CS: El hipocampo es esa región central del cerebro anterior que tiene una importancia crucial en todos los mecanismos de memorización y, como usted ha dicho bien, en lo que podemos llamar memoria espacial. Es también una red de conexiones muy compleja. Hemos estado estudiando emigración neuronal en neuronas precerebelosas, es decir, neuronas que están situadas en el tronco del encéfalo y que tienen que proyectar sus axones hacia el cerebelo, así como los problemas de navegación axonal en sistema olfatorio y en hipocampo. Hemos descubierto que los mecanismos moleculares involucrados en la guía a distancia de la migración neuronal y los mecanismos moleculares involucrados en la guía a distancia del crecimiento axonal son los mismos, lo cual ha sido extraordinariamente importante.

CC: El olfato puede darnos claves para entender la evolución del sistema nervioso. ¿Podría hablarnos de él?

CS: Para que un aroma pueda ser perceptible tiene que pasar del receptor periférico, que es el epitelio olfatorio en la nariz, a través del nervio correspondiente, el cual entra en una protuberancia del cerebro anterior que se llama bulbo olfatorio. Aquí los axones tienen que establecer contactos sinápticos con dendritas de células muy especializadas, que son las células mitrales, y estas células mitrales envían su axón de manera muy estereotipada y sin errores, a través de un tracto, a través de un haz de axones que se llama el tracto olfatorio lateral, que está situado muy próximo a la parte más periférica del sistema nervioso central, en el cerebro anterior, y que va a mandar la información recogida por el epitelio olfatorio y que ha estado transmitiendo células mitrales. Estas células van a distribuir la información olfatoria al núcleo anterior olfatorio, a través de sus axones, hasta el córtex piliforme, es decir, a lo largo de todo el sistema. La información pasa principalmente por un haz único de axones, que es el haz olfatorio lateral. Conocer a profundidad estos trayectos y su comportamiento nos ha permitido saber que no solamente dos tipos de esas familias de moléculas de guía, en este caso semaforinas, intervienen de manera preponderante en la dirección y en la guía de estos axones, sino que una de ellas tiene una acción atrayente mientras que la otra tiene una acción repelente. Finalmente hemos podido conseguir saber cuál era una de las moléculas repelentes que impedían a esos axones desviarse de la región más periférica del cerebro y no llegar nunca a la línea media: se llama *slit II* y es la responsable de que esos axones no se desvíen y queden en la parte más periférica del cerebro.

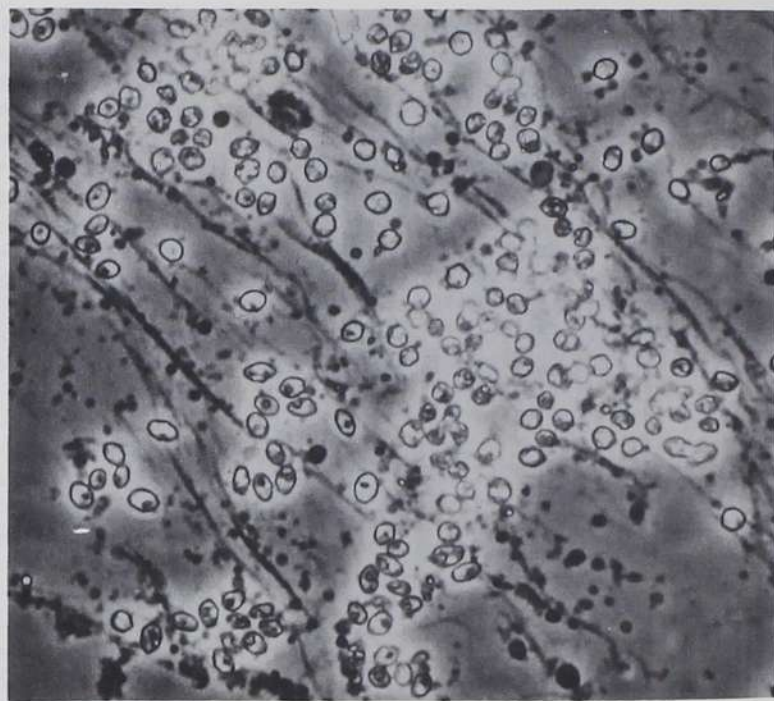
Aquí hay que notar la redundancia genética: dos semaforinas, una atrayente y otra repelente; una molécula *slit* repelente. Es decir, por lo menos tres sistemas con tres tipos de receptores distintos para algo que parece en principio simple, que es guiar un haz de axones desde su origen en las células mitrales del bulbo olfatorio hasta sus terminaciones en los núcleos olfatorios anterior y luego hasta llegar al corte espiliforme.

Regeneración axonal

CC: Otra parte importante de su trabajo se refiere a la regeneración axonal, ¿es verdad?

CS: Así es. Hemos intentado comprender un poco mejor cuáles son los mecanismos de la regeneración axonal e intentar ver si podemos intervenir para poder mejorar la regeneración axonal. Como decíamos antes, el sistema nervioso está constituido por miles de millones de células con series de contactos sinápticos. Cada célula puede emitir a través de su axón único miles de esta clase de contactos, y cada uno de ellos mantiene su especificidad. Las lesiones vasculares, sobre todo lesiones traumáticas producidas por accidentes de carretera, afectan esta parte tan fina de la neurona, pues se trata de una región en la que el axón es extremadamente vulnerable y puede quedar cortado, traumatizado, interrumpido.

El problema mayor que tenemos que afrontar tiene que ver con la estimulación de una neurona amputada, esto es, axotomizada, pues le han cortado el axoma. ¿Cómo se puede estimular esa célula para que su axón se regenere y pueda crear un cono de crecimiento, el cual pueda deslizarse sobre el microentorno en el cual se encuentra situado? ¿Cómo hacer para que todas estas moléculas de guía, difusibles, la orienten a distancia, de manera que durante su crecimiento alcance su neurona diana? En este caso el problema es mucho más difícil de resolver, pues si sabemos que el microentorno de un embrión es complejo, imagínese usted el microentorno de un sistema nervioso adulto. Y además lesionado, donde va haber una serie de reacciones gliales, y aparecen microglías de macrófagos, así como nuevas moléculas del tipo de las exitoquinas, que van a estimular el desarrollo y la proliferación de astrocitos. Se va a formar, pues, lo que conocemos como una cicatriz glial. El axón tiene que afrontar este microentorno desfavorable de la cicatriz y tiene que habituarse a un dilema. Puesto que en el sistema nervioso central muchos de los axones están recubiertos con una vaina de mielina, esa misma vaina, esencial para la velocidad de la conducción del flujo nervioso, se convierte en un impedimento mayor para el crecimiento axonal. Así, aparece una serie de obstáculos que le van a impedir crecer y poder llegar a establecer nuevos contactos con las células diana. Por eso las lesiones traumáticas y de orden vascular, entre otras, son muchas veces irreversibles. Al parapléjico, por desgracia, no le queda más remedio que quedarse en su silla de ruedas, ya que por el momento no tenemos una solución de recambio. Pero las cosas van evolucionando. Hoy en día se está haciendo una gran cantidad de investigación para com-



prender, primero, cuáles son los mecanismos moleculares que permitirían a un axón "evadir" el microentorno negativo, no permisivo, en el cual se encuentra.

Uno de nuestros colegas, parte de una red de colaboración europea, Martin Spatt, ha conseguido identificar en Zurich cuáles son las moléculas dentro de la mielina que tienen estos factores inhibidores, los cuales impiden el crecimiento axonal. Lo que se hace es humanizar anticuerpos; éstos, bajo forma de microbomba o de inyección de células productoras de anticuerpos para bloquear la acción inhibidora de moléculas de la mielina, permiten evadir el microentorno donde se encuentra este axón amputado. Además, como los inhibidores de las moléculas que van a impedir el crecimiento axonal en el entorno del axón son numerosos, hay mucha investigación que se lleva a cabo sobre protoricanos, otra clase de moléculas, para ver si hay posibilidad de vencer esta fase de producción de moléculas adversas y conseguir la elongación y regeneración axonal. Por otra parte, es importante señalar que, al mismo tiempo que esto ocurre, muchas neuronas,

por el hecho de estar separadas de sus blancos, han sido privadas de factores tróficos que le permiten sobrevivir.

Se está viendo, asimismo, cómo conseguir mantener vivas las neuronas amputadas, y varios colegas han adoptado dos líneas de investigación. La primera intenta producir moléculas (del tipo de la neurotrofina) que van a permitir la sobrevivencia de esas neuronas, ya que se puede administrar desde el exterior las moléculas que normalmente estaban siendo administradas por sus neuronas posinápticas. Una segunda vía de investigación, muy importante también, intenta estudiar cuál es el mecanismo de muerte celular después de axotomía. Aquí hemos podido ver que principalmente se trata de un mecanismo de apoptosis, donde se produce una muerte celular activa, ya que la célula misma va a desencadenar toda una serie de condiciones genéticas y produce proteínas que van a traer como consecuencia la muerte de esa neurona. Si se pueden salvar de muerte las neuronas axotomizadas se podrá comenzar a estudiar mejor las posibilidades que tenemos en cuanto a su regeneración axonal.

Otros estudios, de los cuales nos encargamos nosotros más directamente, están encaminados a encontrar nuevos genes que permitan a una neurona adulta, la cual ya tenía su axón y sus conexiones establecidas, poner en marcha de nuevo una serie de genes que estaban activos durante el desarrollo y que le permitieron el crecimiento axonal. Hay, como siempre en biología, una serie de interacciones moleculares muy fuertes entre todos los mecanismos que he mencionado. El microentorno, favorable o desfavorable, va a enviar mensajes por el flujo axonal al cuerpo celular de la neurona lesionada para informarle que se perdió parte del axón y en qué situación se encuentra lo que queda. La neurona misma va a intentar poner en marcha los genes que le van a permitir regenerarse. Hemos podido ver que hay una especie de encrucijada entre genes que van orientados hacia muerte celular y genes que van orientados hacia la regeneración; que el camino es muy próximo y que hay genes comunes que están influyendo sobre la decisión celular que debe tomar la neurona: morirse o regenerarse.

Si conseguimos profundizar el estudio de estas cadenas genéticas, si logramos comprender cómo se envían las órdenes de regeneración y de muerte celular podremos intervenir sobre el sistema. Hasta ahora tenemos rebanadas del sistema nervioso relativamente maduro, en las que podemos manipular el microentorno de estas células desde el punto de vista celular, farmacológico y, sobre todo, desde el punto de vista genético.

Conciencia

CC: ¿Qué puede decirnos un neuromorfológico experimentado como usted sobre el surgimiento de la conciencia en algunos sistemas nerviosos?

Me está usted haciendo la pregunta más difícil que me puedan hacer. El tema de la conciencia es un tema del que yo no estoy consciente, es decir, a pesar de su importancia mayor, no es una de las temáticas capitales dentro de mi trabajo. Me parece extremadamente complejo y muy difícil para mí llegar a entenderlo. La persona que me parece más capacitada para hablar de este tema es Rodolfo Llinás (NYU). Toda la conciencia que tengo del asunto proviene de lo que he oído, insisto, oído, porque no está entre mis lecturas favoritas, y creo que quien está más cerca de algo que me parece com-



preensible, de algo que me parece explicativo, es Rodolfo Llinás y su idea de que las propiedades intrínsecas de las membranas de las células talámicas, es decir, los canales iónicos que están presentes en esas membranas, son esenciales, precisamente, en el papel que pueda tener el tálamo como filtro entre un estado consciente e inconsciente. No puedo decirle nada más sobre un tema que ignoro.

CC: ¿Qué opinión tiene, entonces, de las ideas de Susan Greenfield alrededor de la naturaleza química de la conciencia?

CS: Susan Greenfield es alguien que tiene una capacidad extraordinaria, la capacidad de vulgarización. Es una verdadera maestra en esto, es decir, ella es capaz de poder relatar las cosas complicadas, cómo es la organización del sistema nervioso, cómo es el problema

de la conciencia, en forma sencilla y concisa. Le tengo una admiración sin límites. Además, sus trabajos personales son de calidad e incluso mucho más sencillos de leer. Greenfield sabe explicarnos qué sale de una vesícula sináptica, cuando hay excitación, es decir, segregación; qué ocurre con la acetilcolinesterasa, una de las múltiples moléculas que pueden ser excitadas a las hendiduras sinápticas. Yo prefiero a esta Susan Greenfield.

CC: ¿Y de otras propuestas, tal vez más esotéricas, como las de Roger Penrose?

CS: Bueno, los microtúbulos de la conciencia son, para mí, como neurocitólogo de formación y morfológico de base, algo que no puedo comprender, no digo en aceptar sino comprender. Penrose es un gran matemático que no ha entendido el problema neurológico.

Enfermedades neurodegenerativas

CC: Para terminar, hablemos del asunto de las células madre, que, según algunos, es el principio de una nueva revolución para el ser humano, pues abre la posibilidad de echar por tierra el dogma de que nacemos con una cantidad fija de neuronas.

CS: En realidad el dogma de que no hay proliferación de neuronas en el sistema nervioso adulto no se ha terminado, aunque sí puedo decir que ha surgido una importante hipótesis, la cual ha sometido a controversia esta idea. Se sabía ya desde los años de 1969, gracias a los trabajos de Joe Altman en Estados Unidos, que en algunas regiones como el bulbo olfatorio y el hipocampo podía haber proliferación celular en el sistema nervioso adulto. Pero el trabajo seminal más importante lo hizo Sam Weiss, en Canadá, quien actualmente trabaja en Calgary, y es quien encontró lo que se conoce como las células madre que usted ha mencionado. Lo que ha sido muy importante es que se logró observar cierta orientación de la célula hacia neuronas, hacia astrocitos o hacia oligodendrocitos, es decir, que esas células madre eran pluripotentes y tenían la capacidad de poder diferenciarse en los tres elementos celulares que pueblan el sistema nervioso central, neuronas, astrocitos y oligodendrocitos.

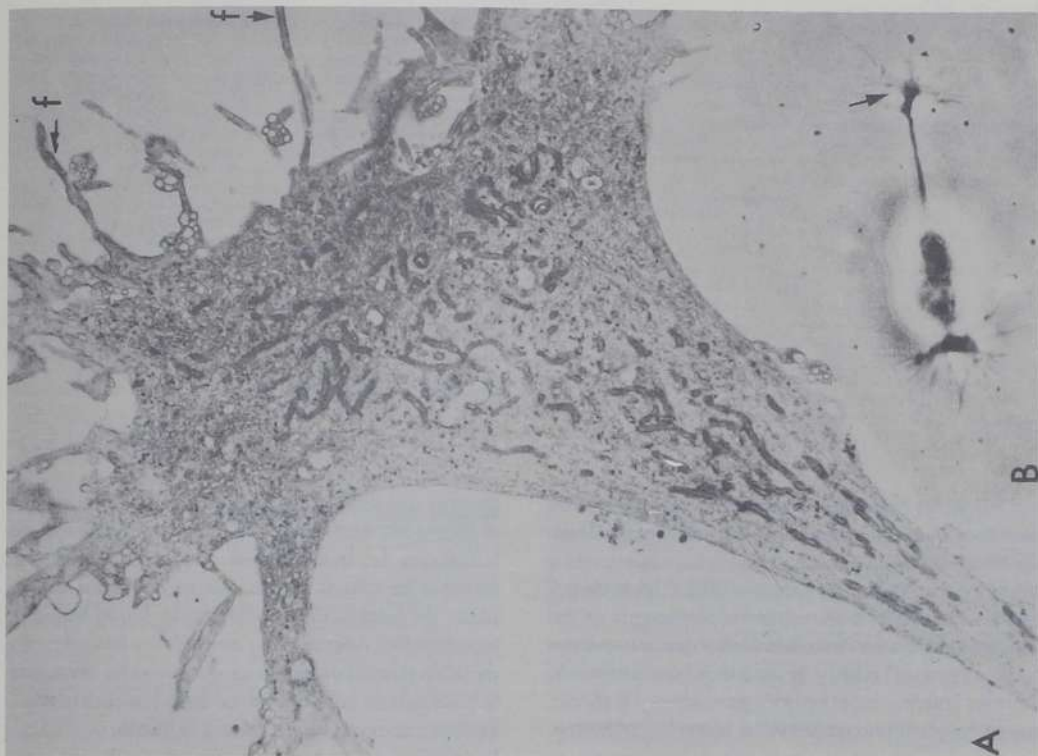
A partir de esos trabajos, publicados en 1992, ha habido una búsqueda enorme de células madre. Se ha visto que son quiescentes, capaces de dividirse. El estudio de células madre en el sistema sanguíneo es mucho más avanzado que en el sistema nervioso central, lo que sí sabemos, gracias a una serie de investigaciones que se hicieron en Estocolmo, es que las células madre (teóricamente, capaces de dar origen a neuronas, astrocitos y oligodendrocitos), eran capaces en esas circunstancias experimentales de originar también células sanguíneas. Luego, eran verdaderas células madre. Por otro lado, los embriones tienen una masa celular indiferenciada donde están las células madre embrionarias, que son también capaces de dividirse cuando se cultivan, para dar multitudes de nuevas células madre que guardan su poder de pluripotencialidad y de transformarse en neuronas, células musculares y células sanguíneas.

Puede usted entender el campo enorme que se abre delante de nosotros, las posibilidades magníficas que vamos a tener desde una caja de Petri. Podremos cultivar células cultivas y proyectar su diferenciación ya sea hacia el estado neuronal, hacia el estado oligodendroglial o hacia el estado astrocitario. Aquí también se presenta un problema ético muy delicado, ya que implica transplantaciones de células embrionarias, las cuales suponen que hay que contar con embriones humanos y para ello hay que sacar de un sistema nervioso embrionario humano las células donantes.

CC: ¿Cuáles serían los beneficios?

CS: Enfrentar, por primera vez seriamente, el mal de Parkinson, de Huntington y en general todas las enfermedades neurodegenerativas. Aunque es imposible saber a qué velocidad puede avanzar la ciencia para alcanzar una verdadera terapia, lo que parece seguro es que, a partir de estas células madre, podremos disponer de capacidad celular para reparar parte del sistema nervioso central por transplantación. Podremos elegir la diferenciación de estas células. Por ejemplo, si decidimos que sea oligodendroglial, tendríamos una serie de oligodendrocitos capaces de remielinar placas de la esclerosis múltiple.

Otro ejemplo es la investigación del español Ernesto Arenas en Estocolmo, quien ha conseguido a partir de



células madre que las neuronas produzcan tiroxida, la enzima necesaria para la síntesis de la dopamina. A partir de células muy diferenciadas, tratándolas con factores neurotróficos y con factores mitógenos muy especiales, ha conseguido orientar la diferenciación neuronal de estas células hacia células dopaminérgicas. Así que si tales células mantienen la expresión de su genotipo, una vez que han sido transplantadas, tendríamos un material extraordinariamente rico para tratar la enfermedad de Parkinson, pues no habría necesidad de ir a buscar células de la sustancia negra del feto, extraerlas y transplantarlas. Aquí lo que tenemos no solamente es un problema ético, al necesitar el embrión, sino un problema práctico, pues la supervivencia de las células transplantadas es pequeñísima y cuando se transplanta a un enfermo parkinsoniano, digamos, unas doscientos mil células, finalmente se va a quedar con dos mil, tres mil células a lo sumo, es decir, la rentabilidad del

transplante es dramáticamente baja. ¿Qué hace falta, entonces? Hay que poner en muchas regiones del mesencéfalo y esto quiere decir muchos embriones humanos. Por si fuera poco, los embriones deben de tener entre quince a veintiún semanas. Ya se imaginarán usted y sus lectores el problema que tenemos para poder tratar enfermos de Parkinson con esta terapia, que, por lo demás, parece tener buenos efectos.

Ahora bien, si se consigue dominar la diferenciación de las células madre, entonces estaríamos ante un suceso extraordinario, porque dispondríamos de estas células directamente de la sala de cultivos y se podrían transplantar a la gente. Lo mismo si podemos transformar su tipo celular y si podemos dirigir la diferenciación de estas células. Esto sería una especie de panacea para el tratamiento de algunas enfermedades, claro, a condición de que la transplantación tenga una acción curativa en estos enfermos, que no siempre es el caso.

Uno de los problemas esenciales desde el punto de vista ético que tiene que afrontar un investigador es saber limitar su entusiasmo y no dar falsas esperanzas a enfermos y a familias de enfermos. Estoy harto de ir a Estados Unidos y de escuchar frecuentemente en las noticias los grandes descubrimientos que mis colegas norteamericanos hacen, y de ver que ya hemos triunfado sobre las enfermedades neurodegenerativas y el cáncer, que ya dentro de poco el Alzheimer no será un problema.

Para mí, todo eso es falso. Es verdad que se han hecho progresos extraordinariamente importantes pero yo no creo que aun tengamos una terapia del cáncer ni de las enfermedades neurodegenerativas. Yo creo, porque creo en la ciencia, que sí las vamos a tener. Pero nadie puede decir si será mañana o dentro de veinte años, o quizá dentro de un siglo, pues eso depende de la velocidad a la que se desenvuelva la ciencia del siglo XXI.

De vez en cuando yo recibo llamadas telefónicas de gente que quiere transplantarse porque tiene enfermedades degenerativas del cerebelo, y cuando les digo esto, algunos no logran comprenderlo. Desde luego, porque yo he trabajado en transplantaciones, sé que ya se puede hacer, pero no puedo tolerar darles falsas esperanzas. Mucha gente piensa que la ciencia los deja un poco en el olvido porque hay un problema económico detrás. Todo eso es falso, es tan falso el decir que estamos curando o que vamos a poder curar en un futuro próximo una cantidad enorme de enfermedades, como que hay

terapias que están guardadas en reserva porque no es el momento económico oportuno. Todos esos son falsedades. Lo único que se puede decir es que ya tenemos las células madre, que ya contamos con un plano de orientación y, sobre todo, bases reales de investigación. Además, hay muchísimos laboratorios e industria privada de biotecnología que se ha lanzado en la búsqueda de estas células madre del sistema nervioso central, y yo creo que esa carrera es buena, yo creo que la competición es buena y que los resultados serán aplicables. Cuándo y cómo, no lo podría decir. 

Notas

1. C. Chimal, *Avance y Perspectiva* **18**, 125 (1999).
2. C. Chimal, *Avance y Perspectiva* **17**, 311 (1998).



... Y seguimos comiendo manzanas

Juan Carlos Raya Pérez

Cuando Eva se presentó delante de su padre iba comiendo una manzana roja, dura y jugosa, mientras su madre trataba de arreglarle el vestido y alisarle el pelo. Tomadas de la mano se pusieron delante de él y fue la madre la que habló, mientras Eva se entretenía en su manzana, como si de la fruta dependiera su porvenir y no de lo que iba a decir su madre:

- Vicente, no sé si te has dado cuenta, pero tu hija ya está en edad de que vaya a la escuela.

- Po's yo más bien había pensado en traérmela al almacén a que me ayudara, aquí haría algo productivo y en la escuela, po's, no sé pa'que le va a servir eso que enseñan, puras cosas raras, ni sabe uno a qué se refieren o qué quieren decir ¿o tu sí entiendes, Matilde?

- En el almacén te ayudo yo, y sus amiguitas ya están inscritas, bueno algunas; te habrás enterado que el previsor del compa Antonio ya inscribió a Luisito en escuela de paga.

- Pero su almacén ya está peor que el mío, regalando el dinero así no va a lograr gran cosa.

- Ya lo veremos, y eso de que está peor, lo que pasa es que tu no quieres gastar ni en tus hijos.

- Bueno, bueno, que vaya y gaste su tiempo allí en vez de invertirlo aquí, total, p'algo habrá de servirle aprender a leer y a escribir.

El M. en C. Juan Carlos Raya Pérez es estudiante de doctorado del Departamento de Biotecnología y Bioquímica de la Unidad Irapuato del Cinvestav.

- Yo diría que para mucho, ya lo verás.
- Bueno, pero eso sí, ya que voy a gastar en sus estudios, puros dieces, que saque puros dieces, si no, mejor que ni vaya.
- ¡Oyeme! ¡Tampoco! Te la voy a dejar barata y confórmate con un ocho.
- Y mira a la escuincla que ni se inmuta, ¿qué no le han dicho que por comer la manzana del árbol de la ciencia está el género humano tan caído?
- Si la niña quiere manzana, que coma manzana.
- ¡Con lo cara que está!

Y madre e hija se dieron la vuelta para encaminarse hacia la escuela.

Y al cabo del tiempo, cuando don Vicente se enteró de que ya Eva abandonaba la escuela primaria quiso adelantárseles a su mujer e hija, se plantó delante de ellas y les espetó:

- Bueno, ya cumplieron su capricho, ya terminó la escuela y ya está bueno que se ocupe de la casa mientras tú me ayudas en la bodega, y a ratos que me ayude ella también, para que aprenda cosas que de algo le sirvan, no sólo en el papel, como quieren enseñar en la escuela.
- Mira, Vicente, Eva cumplió muy bien en la escuela y hasta se ganó una recomendación para que la acepten en la Secundaria 13, con lo peleado que están los lugares allí; por otra parte, yo te sigo ayudando en la bodega y me ocupo de la casa, de manera que le vamos a dar la oportunidad a la muchacha y que haga la secundaria.

- ¿Y que siga desperdiciando el tiempo? ¿Y el dinero? Que aprenda a leer y escribir y hacer cuentas, sí sirve, como no, y más le va a servir ahora que me ayude en la bodega pero eso de la secundaria ya no le veo ningún provecho.

- Y entonces ¿cómo es que a Pepe y a Carlos sí les estás recordando a cada rato que se apuren para que les toque buen lugar en la secundaria?



- Bueno, ellos son hombres y tendrán que trabajar, y como en todas partes piden el papelito, pues que lo tengan, aunque yo creo que no sirve para nada. Ya ves, los muchachos que me ayudan no lo tienen y no lo necesitan.

- Pues porque nada más los ocupas en cargar bultos, pero te aprovechas y cada que puedes les recuerdas que en otro lugar ni los contratarían ¿o no?

- Ahora ya me vas a echar en cara eso. Mejor que se acabe esta discusión y que vaya si quiere a la secundaria, pero yo no le voy a aumentar el domingo.

- Pues entonces tendrás que pagarle las horas que te ayuda, lo mismo que a mí; ¿no a veces me la desvelas revisando tus cuentas? Y eso que el estudio no sirve. No quieres gastar ni en la educación de tus hijos, eso es lo que pasa.

- Acabemos el pleito, 'ta bien, que coja para los camiones y la torta, pero ya sabe lo que tiene que rendir.

Y como Eva siguiera con su predilección por las manzanas, su padre volteó a verla exclamando:

- ¡y sigue comiendo manzana!

Eva hizo un gesto de asombro, pero como la cuestión estaba arreglada, mordió la fruta y se quedó callada.

Eva era una buena estudiante, dedicada, y aunque no lo había dicho expresamente, su familia se daba cuenta que le gustaba el estudio. La veían avanzar en los grados sin decirle nada, pero apoyándola silenciosamente; hasta su padre veía con satisfacción como avanzaba en la educación su hija.

No obstante, al terminar la secundaria, se repitió la escena:

- No me vengan ahora con que quiere seguir la preparatoria.

- Pues sí; terminó bien la secundaria y como ya empiezas a crear fama una maestra está dispuesta a recomendarla para un bachillerato técnico; con eso de que tú quieres algo práctico, con este bachillerato podrá trabajar cuando termine, así verás que sí le fue de utilidad el estudio.

- ¡Pero si trabajo aquí tiene!

- ¡Deberías aprender del compadre Antonio, que sigue mandando a sus hijos a buenas escuelas!

- ¡Pues ya ves que mi hija de todos modos no se queda atrás!

- Eso sí, a la hora de las satisfacciones estás bien puesto. Pues ahora déjala que se dé y nos dé otra satisfacción y que vaya al bachillerato.

- ¡Siempre han de ganar ustedes! ¿y dónde anda la muchacha?

- Se fue a jugar con unas amigas.

- De seguro ya sabía que se iban a salir con la suya.

Y a pesar de la oposición de su padre, Eva terminó el bachillerato y siguió sus estudios en la Universidad.

Una noche, cuando ya mero terminaba la carrera su padre le preguntó:

- ¿Y es cierto que si pudiéramos viajar por el cielo nos moriríamos sin verle el fin?

- Es cierto, papá.

- ¿Y es cierto que el sol es como una bola de fuego inmensa?

- Sí, es cierto.

- ¿Y que el hombre ya pisó la luna? ¿No será pura invención?

- Claro que no, es cierto.

- ¿Y será cierto eso de que el hombre es pariente del mono? Eso sí que es difícil de pensarse. Aunque si se ve uno al espejo...

- Bueno, todas las evidencias indican que somos primos por lo menos.

- Y eso de las operaciones y las medicinas, ¿qué tan reciente es?

- La práctica moderna muy reciente, como los antibióticos, la desinfección del material, aunque la medicina en sí, la práctica, es muy antigua.

- Fíjate, sí no te hubiera dejado estudiar ninguno de la familia fuera profesionista. Tus hermanos ya se

casaron y no creo que lleguen, por más que prometan que sí, y ahora que ya te vas a recibir ¿Te vas a casar también?

- Quién sabe, no tengo candidatos, pero si te digo otra cosa ¿no te enojas?

- ¿Pues con qué me irás a salir ahora? Dímelo de una vez para saber a qué atenerme.

- Quisiera seguir estudiando.

- ¡Ah no! ya estuvo suave de desveladas, de no poder salir los domingos, de no tener vacaciones, de estarte calentando esa cabecita rebelde. Además, ahora sí va en serio, yo ya no doy dinero. Ahora que puedes trabajar y ganar tu propio sustento y darte algún gusto, me sales con que quieres seguir estudiando. De a tiro te hizo mal el estudio y quieres seguir en eso pues, ¿dónde está tú inteligencia? Porque eso han dicho por allí, que eres inteligente, pero no para conseguir lo necesario para esta tu vida, y así no se puede ir por el mundo, apréndetelo.

- No te enojas, papá. Si quiero seguir estudiando es porque de veras me gusta; además ya has visto que el estudio si sirve para algo... aunque sea para iluminarte el cerebro, que no es lo menos sino lo más.

Don Vicente se le quedó viendo con ternura y admiración a su hija y contestó:

- Pues si consigues plata para seguir, ya seguirás por tu cuenta, como siempre lo has hecho. Ten, me traje unas manzanas para comérmolas mientras me platicas de lo que lees y aprendes. Con eso de que te gustan tanto.





XX Congreso Latinoamericano de Ciencias Fisiológicas



XLIII Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas

ACTIVIDADES

Conferencias plenarias:

Salvador Moncada, Inglaterra
Torsten Wiesel, EUA
Carlos Belmonte, España
Ricardo Miledi, México
Alberto Aguayo, Canadá

Simposios

Sesiones orales

Carteles

Talleres

Cursos precongreso

TEMATICA

Biología del desarrollo
Neurobiología comparada
Ritmos circádicos
Epitelios
Óxido nítrico
Neuropéptidos
Neuroendocrinología
Mecanismos de memoria
Fisiología cardiovascular
Fisiología respiratoria
Neurología experimental
Regulación del volumen celular
Neurotransmisores
Músculo
Canales iónicos

INFORMES:

Presidente de la SMCF
Dra. Rosalinda Guevara
Facultad de Medicina, UNAM
Teléfono: lab. 55503587;
FAX: 56232241
rguevara@servidor.unam.mx

Secretario de la SMCF
Dr. Ismael Jiménez
CINVESTAV, IPN.
Teléfono: 57774700 ext. 5164
FAX: 57477105
ijimenez@fisio.cinvestav.mx

PAGINAS WEB:

<http://smcf.fisio.cinvestav.mx/index.html>
<http://ifc.sunl.ifisiol.unam.mx/smc/>
<http://www.servimed.com.mx>

Sede:

Hotel Fiesta Americana Coral Beach
Cancún, Quintana Roo, México
3-7 de septiembre de 2000

El Departamento de Recursos del Mar
del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida, México

Invita a
profesionales en áreas afines a las ciencias marinas a estudiar:

**Maestría en Ciencias
(Biología Marina)
y
Doctorado en Ciencias Marinas**

CALENDARIO:

Fecha límite de entrega de documentos:

16 de junio

Examen de admisión:

19, 20 y 21 de junio

Inicio de cursos

4 de septiembre

*Gozarás de una beca durante tus estudios
(de acuerdo a los requisitos del Conacyt)
y contribuirás a un mejor uso de los recursos naturales.*

INFORMES

Coordinador Académico

Departamento de Recursos del Mar

Carretera antigua a Progreso Km. 6

Apartado Postal 73, Cordemex

C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México

Tel. (99) 81-2334

e-mail: posgrado@kin.cieamer.conacyt.mx

En México D.F.

Oficina de Control Escolar

Av. Politécnico y Ticomán, Zacatenco

Tel. 57 47 38 00 ext. 6613

Página: <http://kin.cieamer.conacyt.mx/Recursos/>